

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
AGRONOMÍA**



**“APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DEL ELEMENTO
FALTANTE Y PRESENTE EN LA CUANTIFICACIÓN DE LA
DOSIS ÓPTIMA DE N, P, K, EN CEBOLLA (*Allium cepa* L. var.
Roja Arequipeña) EN CANAÁN 2750 msnm, AYACUCHO.”**

Tesis para obtener el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por:

EDER GARE QUISURUCO GUTIÉRREZ

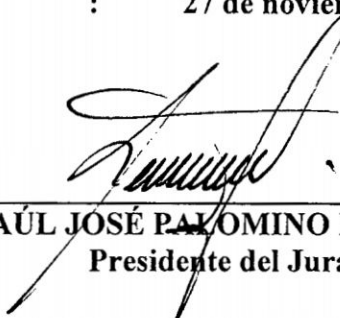
AYACUCHO – PERÚ

2014


Tesis
Ag 1108
Qui
Ej. 2

**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE Y
PRESENTE EN LA CUANTIFICACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE N, P,
K, EN CEBOLLA (*Allium cepa* L. Var. Roja Arequipeña) EN CANAÁN
2750 msnm, AYACUCHO"**

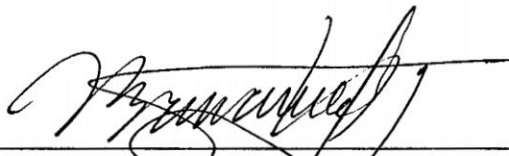
Recomendado : 04 de noviembre de 2014
Aprobado : 27 de noviembre de 2014



Dr. RAÚL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA
Presidente del Jurado



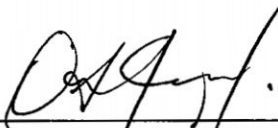
M.Sc. ALEX LAZARO TINEO BERMUDEZ
Miembro del Jurado



M.Sc. FERNANDO NICOLAS BARRANTES DEL AGUILA
Miembro del Jurado



M.Sc. ALEJANDRO CAMASCA VARGAS
Miembro del Jurado



Dr. ROMULO AGUSTIN SOLANO RAMOS
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

A mi madre Reyna Gutiérrez Tueros por enseñarme el significado de la palabra amor.

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda. Con todo mi cariño ésta tesis se las dedico a ustedes:

Tía Lucila Gutiérrez Tueros

Hermanos (Renzo, Edward)

Hermanas (Mery, Jessica, Yovana, Mariela y Yesenia).

A mi novia Yeny por apoyarme y ayudarme en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía, alma máter de mi formación profesional.

A los Señores Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a los de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía por sus valiosas enseñanzas y orientaciones que condujeron al logro de mis objetivos.

Al Ingeniero Alex Lázaro Tineo Bermúdez por su desinteresado apoyo como asesor, con su aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación. Así mismo, a todos los miembros del jurado por sus sugerencias en el desarrollo del presente tema de investigación.

A mis amigos, que de una u otra manera me apoyaron en la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE

Contenido	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA CEBOLLA.....	3
1.2 LA CEBOLLA EN EL PERÚ.....	4
1.2.1 Siembras y avances de siembras.....	4
1.2.2 Producción.....	4
1.2.3 Rendimiento Promedio (kg/ha).....	4
1.3 USOS Y VALOR NUTRICIONAL.....	5
1.4 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DE LA CEBOLLA.....	6
1.5 ASPECTOS MORFOLÓGICOS.....	6
1.5.1 Raíz:.....	6
1.5.2 Bulbo:.....	6
1.5.3 Tallo:.....	7
1.5.4 Hojas:.....	7
1.5.5 Escapo o tallo floral:.....	8
1.5.6 Flor:.....	8
1.5.7 Fruto.....	9
1.6 CICLO VEGETATIVO.....	9
1.6.1 Crecimiento herbáceo:.....	9
1.6.2 Formación de bulbos:.....	9
1.6.3 Reposo vegetativo:.....	10
1.6.4 Reproducción sexual:.....	10
1.7 FACTORES AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS.....	10
1.7.1 Clima:.....	10
1.7.2 Temperatura:.....	11
1.7.3 Humedad Relativa:.....	12
1.7.4 Suelo:.....	12
1.7.5 Agua:.....	13

1.8	MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO	14
1.8.1	Preparación del terreno	14
1.8.2	Siembra y trasplante	15
1.8.3	Control de malezas	15
1.8.4	Fertilización	16
1.8.5	Riego.....	17
1.8.6	Enfermedades del cultivo.....	17
1.8.7	Plagas del cultivo.....	18
1.8.8	Cosecha.....	18
1.9	VARIEDADES DE CEBOLLA.....	18
1.10	FERTILIDAD DEL SUELO Y PRODUCTIVIDAD	19
1.10.1	Importancia de la fertilidad y de un diagnóstico.....	19
1.10.2	Métodos de evaluación de la fertilidad del suelo.....	20
1.11	DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO	22
1.11.1	Nitrógeno (N)	22
a.	Fijación de nitrógeno.....	23
b.	Formas de nitrógeno en los suelos.....	27
c.	Dinámica del nitrógeno.....	28
d.	Equilibrio del nitrógeno orgánico mineral en el suelo.....	28
e.	Mineralización de los compuestos nitrogenados.....	29
f.	Retención de nitrógeno iónico en el suelo.....	31
g.	Fijación de amonio.....	32
h.	Funciones de nitrógeno en la planta	32
i.	Deficiencia de nitrógeno.....	32
1.11.2	Fósforo (P).....	33
a.	El fósforo en el suelo.....	34
b.	El fósforo en la solución del suelo.....	35
c.	El fósforo en la planta.....	35
d.	Síntomas de deficiencia de fósforo.....	37
1.11.3	Potasio (K).....	38
a.	Formas de potasio en los suelos.....	39
b.	Fijación de potasio.....	42

c.	Pérdidas de potasio en los suelos.....	42
d.	Consumo de lujo.....	43
e.	Función de potasio en la planta.....	44
f.	Síntomas de deficiencia del potasio.....	44
1.12	LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE Y PRESENTE	45
1.12.1	La técnica del elemento faltante. (Parcelas de omisión).....	45
1.12.2	La técnica del elemento presente. (Parcelas de inclusión).....	46
1.12.3	Rendimientos relativos	47
CAPÍTULO II		50
MATERIALES Y MÉTODOS		50
2.1	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	50
2.2	CLIMA.....	51
2.3	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	54
2.4	CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO.....	55
2.5	FACTORES EN ESTUDIO, TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	56
2.5.1	Factores en estudio	56
2.5.2	Tratamientos y diseño experimental	56
2.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	57
2.7	DESCRIPCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	58
2.7.1	Características del campo experimental	58
2.7.2	Características de la unidad experimental	58
2.7.3	Croquis del campo experimental.....	59
2.7.4	Croquis de la unidad experimental.....	59
2.8	INSTALACIÓN Y CONDUCCIN DEL EXPERIMENTO	60
2.8.1	Semillero.....	60
2.8.2	Preparación del terreno.....	60
2.8.3	Estacado, trazado y surcado.....	60
2.8.4	Trasplante y resiembra.....	60
2.8.5	Fertilización	61
2.8.6	Riego.....	62
2.8.7	Control de maleza.....	62

2.8.8	Control fitosanitario.....	62
2.8.9	Cosecha.....	63
2.9	VARIABLES DE EVALUACIÓN	63
2.9.1	Altura de planta	63
2.9.2	Peso de la planta.....	63
2.9.3	Diámetro ecuatorial del bulbo.....	64
2.9.4	Peso del bulbo	64
2.9.5	Peso de la parte foliar	64
2.9.6	Rendimiento de bulbos de cebolla.....	64
2.9.7	Rentabilidad económica.....	64
	CAPÍTULO III	65
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
3.1.	RENDIMIENTO DE CEBOLLA EN CANAÁN	65
3.1.1	Rendimientos relativos (Rr) de bulbos de la cebolla	71
3.1.2	Cálculo para la fórmula de abonamiento.....	73
3.2.	ALTURA DE LA PLANTA	73
3.3.	DIÁMETRO ECUATORIAL DEL BULBO	75
3.4.	PESO DE LA PLANTA DE CEBOLLA	78
3.5.	PESO DEL BULBO DE CEBOLLA	80
3.6.	PESO DE LA PARTE AÉREA DE CEBOLLA	82
3.7.	RENTABILIDAD ECONÓMICA	84
	CAPÍTULO IV	86
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
4.1.	CONCLUSIONES	86
4.2.	RECOMENDACIONES	87
	RESUMEN	88
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	ANEXO	92

INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.), es una de las hortalizas de importancia por su alto rendimiento, valor nutricional, propiedades curativas y por su versatilidad en la industria gastronómica. Es originaria de Asia; su cultivo se ha difundido por todas las regiones del mundo y en especial en nuestro país. En el Perú se cosecha anualmente 775,422 toneladas en una superficie de unas 19,226 hectáreas, con rendimiento promedio de 38,885 kg.ha⁻¹ (Minagri, 2013).

La producción de cebollas en el Perú ha ido incrementándose de manera significativa en los últimos diez años. Es un producto agroexportable al que debe darse mayor impulso tecnológico y productivo; por ello, es necesario hacer un uso más eficiente de los fertilizantes, las que generalmente se aportan mediante los fertilizantes sintéticos, con el riesgo de contaminar el suelo y el ambiente. Entonces, surge la preocupación de reducir los niveles de contaminación utilizando los abonos de manera eficiente.

Para tal efecto la técnica del elemento faltante y elemento presente es una alternativa que busca una mayor eficiencia del uso de los fertilizantes, través de la

fertilización balanceada; la fertilización balanceada incrementa la rentabilidad de los agricultores, resulta en mayores rendimientos por unidad de fertilizante aplicado y protege el ambiente evitando el excesivo uso de fertilizantes. Esta forma de manejo permite ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes. Motivo por el cual se ha planteado el presente trabajo determinar los requerimientos reales de N, P y K por el cultivo de cebolla variedad Roja Arequipeña en Canaán, Ayacucho.

Por estas consideraciones se plantea el presente trabajo con la finalidad de responder el problema ¿Será posible aplicar las técnicas del elemento faltante y presente en la cuantificación de las dosis óptimas de N, P, K, para el cultivo de cebolla?

Objetivo general

Aplicar las técnicas del elemento faltante y presente en la cuantificación de las dosis óptimas de N, P, K, en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L. var. Roja Arequipeña), en Canaán 2750 msnm Ayacucho.

Objetivos específicos:

1. Evaluar las técnicas del elemento faltante y presente en la cuantificación de dosis óptimas de N, P, K, en el cultivo de la cebolla.
2. Cuantificar la dosis óptimas de N, P, K, en el cultivo de cebolla.
3. Determinar la relación que existe entre los rendimientos relativos de la cebolla obtenidos por las técnicas del elemento faltante y elemento presente, con los resultados de análisis del suelo.
4. Determinar la rentabilidad económica.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA CEBOLLA.

Castillo (1999), afirma que la cebolla es originaria de Asia Central; sin embargo, su domesticación se realizó en varios lugares del mundo independientemente. Actualmente se produce con éxito en climas templados y secos, e incluso, en zonas con características subtropicales, no teniendo éxito su producción en condiciones con exceso de humedad y altas temperaturas.

Según Casseres (1981), la cebolla probablemente se originó en el Sur - Este de Asia y su uso por el hombre se da desde tiempos remotos, en tanto para Maroto (1983) y Sonnemberg (1981), su origen está en Asia Occidental, principalmente de la región del actual Irán y Pakistán. Es una especie muy conocida por el hombre desde hace varios milenios, siendo una hortaliza muy apreciada por los antiguos pobladores de las riberas mediterráneas, en especial de las civilizaciones egipcias de la primera y segunda dinastía (3200-2780 a.C.).

1.2 LA CEBOLLA EN EL PERÚ.

1.2.1 Siembras y avances de siembras.

Según Minagri (2013), la mayor superficie sembrada a nivel nacional se dio en la campaña agrícola 2009 - 2010, con unas 21,800 hectáreas cultivadas, para posteriormente ir disminuyendo y situarse en unas 19,226 hectáreas en la última campaña agrícola 2011 - 2012.

1.2.2 Producción.

A nivel nacional el año 2012, la superficie cosechada se registró en 19,942 hectáreas con una producción de 775,422 toneladas representando un crecimiento de 6.7%. Los departamentos que mostraron los mayores incrementos son Ayacucho (41.4%), Tacna (27.9%), Lima (18.9%) e Ica (16.2%), respectivamente. Arequipa, principal productor de cebolla, con una producción de 451,494 toneladas, mantiene una participación de 58.2% de la misma. Los cinco principales departamentos productores Arequipa, Ica, La Libertad, Lima y Tacna concentran el 87.2% de la producción a nivel nacional (Minagri, 2013).

1.2.3 Rendimiento Promedio (kg.ha⁻¹).

El rendimiento promedio nacional del cultivo de cebolla es aproximadamente de 38,885 kg.ha⁻¹, con un crecimiento en la productividad de 5.8% con respecto al año 2011. Destacando en este crecimiento el departamento de Moquegua (19.9%), Lima (6.8%), Arequipa (4.3%) y Piura (3.3%). El mejor rendimiento promedio lo tiene el departamento de Ica con 62,255 kg.ha⁻¹, seguidos de Arequipa, Moquegua, Tacna y La Libertad (Minagri, 2013).

1.3 USOS Y VALOR NUTRICIONAL.

Las cebollas rojas poseen una piel roja púrpura y una carne blanca con matices rojizos. Generalmente es de tamaño mediano o grande. Es utilizada en varios platos como ingrediente imprescindible por su sabor especial. Contiene antocianidinas como la cianidina y flavonoides. Posee una potente acción contra los reumatismos, ayuda a prevenir la osteoporosis, gracias a su alto contenido de flavonoide, queracetina, antioxidante de la familia del polifenol, cuya actividad es superior a la de las isoflavinas (Minagri, 2013).

En la siguiente tabla se muestra el contenido de nutrientes en 100 g de bulbo crudo (Minagri, 2013).

Energía	43 kcal
Agua	89 %
Glúcidos	7,1 %
Lípidos	0,2 %
Proteínas	1,3 %
Fibras.....	2,1 %
Calcio	25 mg
Magnesio	10.0 mg
Potasio	170 mg
Hierro	0,30 mg
Vitamina C	7,00 mg
Vitamina B1	0,06 mg
Vitamina B3	0,30 mg
Vitamina B6	0,14 mg
Vitamina B9	0,02 mg
Vitamina E.....	0,14 mg

1.4 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DE LA CEBOLLA.

UNA La Molina (2000), menciona que la cebolla se encuentra dentro de la siguiente categoría:

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Liliopsida
ORDEN	Asparagales
FAMILIA	Amaryllidaceae
TRIBU	Alliedae
GÉNERO	Allium
ESPECIE	<i>Allium cepa</i> L.
NÚMERO CROMOSÓMICO	2n = 16

1.5 ASPECTOS MORFOLÓGICOS.

1.5.1 Raíz:

Soria (1993), redacta que la raíz verdadera de la cebolla muere temprano y la mayor parte de sus raíces son adventicias. Estas nacen del tallo en la base de las vainas de las hojas, su número aumenta gradualmente hasta el final del periodo vegetativo. De una planta se originan hasta 70 raíces fusiformes y sobre éstas se forman raíces laterales de 25 a 30 cm.

1.5.2 Bulbo:

Mainardi (1980) y Sonnemberg (1981), coinciden al decir que el bulbo está formado por escamas carnosas, sobrepuestas o imbricadas alrededor de una yema central y rodeada a su vez de otras escamas acartonadas de color blanco, rojo,

amarillento o violáceo, tienen un sabor picante y un olor penetrante debido a la presencia de ésteres aromáticos.

Por su parte Leñano (1972), señala que la parte de la base de las hojas al nivel del auténtico tallo, se ensancha haciéndose carnosas y formando un bulbo de dimensiones variables.

1.5.3 Tallo:

Según Soria (1993), el tallo se divide en dos partes subterráneo en forma de bulbo tunificado, que es la parte utilizada y la aérea es eréctil. Al tallo verdadero se le denomina plato; es en si la base del bulbo y es muy corto, sobre él se forma las yemas y las hojas y de él crecen las raíces adventicias. Los tallos florales son verdes huecos y ensanchados en el centro, carecen de hojas y mueren después de madurar la semilla. La base de estos (platos) continúa viviendo y en ella existen muchas yemas vegetativas.

1.5.4 Hojas:

Según Soria (1993), las hojas nacen directamente del tallo. Son tubulares, agujadas en su parte superior y ensanchadas en la parte central, de color verde cada una constan de dos partes; el Limbo (hoja verdadera) y vainas cilíndricas que forma el bulbo y el falso tallo normalmente estas son las partes conocidas como escamas o catáfilas de consistencia carnosa e hinchada pudiendo ser abiertas o cerradas, las abiertas se forman en el periodo vegetativo a partir del engrosamiento de la parte inferior de las vainas y dará lugar a las túnicas que envolverán al bulbo, las cerradas son carnosas y se forman a partir de vainas

enteras de hojas que no han formado limbo y envuelven las yemas generadas sobre la base del bulbo, esto ocurre después de formada la sexta hoja de la planta, estas últimas escamas tienen función de reserva del material nutritivo necesario para los brotes.

1.5.5 Escapo o tallo floral:

Tamaro (1977) y Sonnemberg (1981), indican que el escapo o tallo floral alcanza una altura que oscila entre 0,6 m a 1,5 m de textura lisa, hueco, casi ensanchado en la mitad a veces con yemas axilares desarrolladas, dando escapos secundarios. En países de cuatro estaciones, cuando se plantan bulbos, cada bulbo produce de 1 a 20 tallos florales, dependiendo del tamaño y de la variedad, en las cuales en su extremo superior se prende una mano globosa o cónica recubierta de unas brácteas membranosas y blanquecinas que al rasgarse da lugar a la apariencia de una inflorescencia umbelífera.

1.5.6 Flor:

Según Soria (1993), las flores son hermafroditas de diferentes colores en forma de umbela. Es una inflorescencia simple y en ella se pueden formar entre 200 y 1000 flores, según la variedad y el tiempo. Las flores son blancas o pardas, de pedúnculos largos y tienen seis pétalos y seis estambres. El ovario es súpero con tres lóculos y en cada uno se encuentran dos óvulos. Con la vernalización de las yemas axilares la planta estará en condiciones de emitir y dar lugar al crecimiento del tallo floral, el número de tallos florales es variable según el número de yemas vernalizadas, el tallo floral es generalmente de color verde, erecto, de consistencia herbácea, liso, ahuecado y con la porción inferior ensanchada, por lo común esta

parte de la planta sobresale al follaje llegando a alcanzar una altura de 0.6 a 1.5 metros.

1.5.7 Fruto.

Según Soria (1993), el fruto es una cápsula tricarpelar, en la cual pueden formarse hasta seis semillas, en las fases tempranas la cápsula es de color verde pardo y de forma obtusa triangular. La semilla es de color negra, angulosa, aplastada y rugosa.

1.6 CICLO VEGETATIVO.

Maroto (1983) y Brewster (2001), mencionan que el ciclo de cultivo desde el trasplante hasta la cosecha dura 160 días de diciembre a mayo, presentando las siguientes etapas fenológicas: desarrollo de la cuarta hoja, formación de hojas nuevas, aparición de las hojas seis y siete, inicio de formación de bulbo, engrosamiento de bulbo, bulbo formado y caída de cuello o cuello blando. En el ciclo vegetativo de la cebolla se distinguen cuatro fases:

1.6.1 Crecimiento herbáceo.

Comienza con la germinación, formándose un tallo muy corto, donde se insertan las raíces y en el que se localiza un meristemo que da lugar a las hojas. Durante esta fase tiene lugar el desarrollo radicular y foliar.

1.6.2 Formación de bulbos.

Se inicia con la paralización del sistema vegetativo aéreo y la movilización y acumulación de las sustancias de reserva en la base de las hojas interiores, que a

su vez se engrosan y dan lugar al bulbo. Durante este periodo tiene lugar la hidrólisis de los prótidos; así como la síntesis de glucosa y fructosa que se acumulan en el bulbo. Se requiere fotoperiodos largos, y si la temperatura durante este proceso se eleva, esta fase se acorta.

1.6.3 Reposo vegetativo.

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

1.6.4 Reproducción sexual.

Se suele producir en el segundo año de cultivo. El meristemo apical del disco desarrolla gracias a las sustancias de reserva acumuladas, un tallo floral localizándose en su parte terminal una inflorescencia en umbela.

1.7 FACTORES AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS.

Minagri (2013), menciona los siguientes:

1.7.1 Clima:

La adaptabilidad de las variedades a las condiciones ambientales locales es un factor muy importante para tener éxito en la producción de cebolla. En el mundo hay cientos de variedades disponibles para la producción comercial y cada año nuevas variedades son producidas por las compañías productoras de semillas para satisfacer los requerimientos de los productores, así como de los consumidores de cebolla fresca y de industrias que procesan este producto. Para las condiciones de Perú se recomiendan los cultivares de día corto (10 a 12 horas luz diarias) con los cuales se obtendrán bulbos de buen tamaño.

1.7.2 Temperatura:

la cebolla es un cultivo que normalmente se ha desarrollado en climas fríos, pero hoy en día existen variedades genéticamente mejoradas para crecer en un amplio rango de temperaturas, inclusive, en nuestro país, ya se han hecho siembras a nivel del mar en los meses más frescos del año (octubre a noviembre), obteniéndose rendimientos muy satisfactorios. Sin embargo los rangos de temperaturas donde mejor crece están entre los 12.8 °C y 24 °C. El mejor crecimiento y calidad se obtienen si la temperatura es fresca durante el desarrollo vegetativo (desde la germinación hasta el inicio de formación de bulbos) prefiriéndose que en tal etapa las temperaturas no superen los 24° C.

Posteriormente, éstas deben ser más altas para favorecer el crecimiento y desarrollo del bulbo; aunque, si se va a comercializar la cebolla con tallo verde y bulbo no muy desarrollado, este factor no tiene mucha importancia. Altas temperaturas pueden producir también otros efectos indeseables como: mayor tendencia a producir bulbos divididos o dobles, formación precoz de los bulbos (por lo tanto reducción en los rendimientos y tamaño de los bulbos), formación de bulbos alargados, aumento en la pungencia (pérdida de la dulzura y aumenta los volátiles de sabor).

En altitudes mayores (de los 1600 msnm) en donde ocurren temperaturas en el rango de 4.4 – 7.2 °C, se puede inducir la formación de tallo floral si las cebollas ya han pasado el estado juvenil. La cebolla permanece en el estado juvenil hasta que la planta alcanza un diámetro de más de ¼ de pulgada. La formación de flores hace que la cebolla no se pueda comercializar porque el bulbo

es atravesado por el centro por un tallo duro y fibroso. Hay bastante diferencia entre variedades en su susceptibilidad a florecer. La mejor manera de evitar la floración es retrasar la época de siembra de manera que la planta esté en su estado juvenil durante el período de bajas temperaturas y sembrar variedades adaptables a la zona.

1.7.3 Humedad Relativa:

La humedad relativa tiene una fuerte influencia en la incidencia de enfermedades fungosas en la cebolla. Las zonas áridas (secas) con un verano bien marcado con varios meses libres de lluvia son ideales para la producción de la cebolla si reúnen las demás condiciones necesarias para el cultivo. Días calientes y secos son favorables para una buena maduración y curado natural de la cebolla en el campo. La condensación de la humedad relativa (niebla o neblina) durante las horas frías del día es desfavorable porque favorece al desarrollo de enfermedades foliares.

1.7.4 Suelo:

Este cultivo se adapta a suelos francos, francos limosos, francos arcillosos (no más de 30% de arcilla), franco arenoso, arcillo arenoso y orgánicos; y lo importante es que tengan buen drenaje y ausencia de piedras. Los suelos pesados (arcillosos) son difíciles de trabajar porque requieren un manejo especial de la humedad; por lo tanto, es recomendable evitarlos. Los suelos que presentan buena textura, fértiles y bien drenados ofrecen condiciones ideales para el cultivo. Prefiere el pH cercano al neutro y no tolera los suelos salinos.

El pH más conveniente es entre 6.0 y 7.0, la salinidad no debe superar 1.2 mmhos/cm, ya que a ese nivel se inicia un efecto negativo sobre el rendimiento. Con una conductividad eléctrica de 2 mmhos/cm puede ocurrir ya una reducción de la cosecha en un 10% lo cual puede ser más severo en condiciones de alta temperatura.

El nivel de materia orgánica es importante en la productividad del suelo. Un porcentaje mínimo de un 3% es deseable para obtener altos rendimientos. Para mejorar esta condición se debe incorporar materia orgánica como, cascarilla de arroz, e incorporación de rastrojos en general. El uso de estiércoles no es recomendado porque aumenta la pungencia de la cebolla (debido a su alto contenido de azufre), y la incidencia de la enfermedad llamada raíz rosada. Asimismo, suelos muy orgánicos producen cebollas con menos aptitud para el almacenamiento (aspecto importante de este cultivo).

1.7.5 Agua:

Se debe empezar a regar justo después de la plantación. La cebolla requiere de frecuentes aplicaciones de agua y el mejor sistema es el riego por goteo ya que la aspersión lava los fungicidas de las hojas y aumenta el riesgo de enfermedades foliares.

Lo más común es dividir el riego de las cebollas en dos etapas: germinación y desarrollo. El número de riegos es mayor para las segundas siembras puesto que su vegetación tiene lugar sobre todo en primavera o verano, mientras que las siembras de fin de verano y otoño se desarrollan durante el invierno y la primavera. El déficit hídrico en el último período de la vegetación favorece la

conservación del bulbo, pero confiere un sabor más acre. Se interrumpirán los riegos de 15 a 30 días antes de la recolección. Las necesidades de riego en la cebolla, así como en muchas especies agrícolas están marcadas por la evapotranspiración (E_{To}) de cada zona y por los coeficientes de cultivo de cada época del año (K_c) y de reducción (K_r), que tienen en cuenta la densidad de plantación ($E_{tc} = E_{To} \times K_c \times K_r$).

El número de riegos y el volumen de agua por riego dependerá: de la capacidad del suelo para retener el agua, de las condiciones climáticas, del estado vegetativo de las plantas y de las variedades. No obstante la cebolla resiste la sequía, requiere de volúmenes mínimos que, en términos generales, se estiman en $4,500 - 5,000 \text{ m}^3/\text{ha}$ (riego por goteo).

1.8 MANEJO AGONÓMICO DEL CULTIVO.

1.8.1 Preparación del terreno.

Minagri (2013), indica la profundidad de la labor preparatoria varía según la naturaleza del terreno. En suelos compactos la profundidad es mayor que en los sueltos, en los que se realiza una labor de vertedera, sin ser demasiado profunda (30-35 cm), por la corta longitud de las raíces. Hasta la siembra o plantación se completa con los pases de grada de discos necesarios, normalmente con 1-2, seguido de un pase de rulo o tabla, para conseguir finalmente un suelo de estructura fina y firme. Si el cultivo se realiza sobre camellones, éstos se disponen a una distancia de 40 cm, siendo este sistema poco utilizado actualmente.

1.8.2 Siembra y trasplante.

Según Nicho (1993), la cebolla necesita que se realice en almácigos, para ello se diseñan camas de almácigos de dimensión de 1 x 10 m, donde se trazan surquitos de 10 cm entre si y se depositan las semillas distanciados a 1.0 cm entre sí. A los 30 – 45 días cuando las plantitas tengan 15 cm de longitud, 3 – 4 hojas y 0.8 cm de diámetro de cuello; se realiza el trasplante a campo definitivo. La cantidad de semilla a emplearse por hectárea es de 2.5 kg. El distanciamiento de trasplante es de 0.60 a 0.75 m entre surcos y 0.10 m entre plantas a doble hilera por surco.

El trasplante: Se realiza cuando tiene de 3 – 4 hojas y un diámetro de cuello de 0.8 cm., la densidad de siembra del cultivo en el sistema tradicional es de: 0.10 x 0.60 m. (333,333 plantas/ha), y con el sistema de riego por goteo es: 0.10 x 0.75 m. (266,666 plantas/ha doble hilera por surco).

1.8.3 Control de malezas.

Según Nicho (1993), la limpieza de malas hierbas es imprescindible para obtener una buena cosecha, pues se establece una fuerte competencia con el cultivo, debido principalmente al corto sistema radicular de la cebolla. Se realizarán repetidas escardas con objeto de airear el terreno, interrumpir la capilaridad y eliminar malas hierbas. La primera se realiza apenas las plantitas han alcanzado los 10 cm de altura y el resto, cuando sea necesario y siempre antes de que las malas hierbas invadan el terreno.

Para el control de malezas se debe conducir cuatro métodos; buena selección de terreno libre de malezas; rotación de cultivo; deshierbo manual y control químico. Para malezas de hoja ancha se emplean Goal (100 cc/200 litros de agua); Sencor (300 g/200 litros de agua); Afalón (400 cc/200 litros de agua), en caso de malezas gamíneas se controla con Hache Super (500 cc/200 litros de agua). Químico: Oxyfluorfen 75 – 100 cc/cilindro (post emergente) Fluazitopbutil 300 – 700 cc/cilindro (post emergente).

1.8.4 Fertilización.

Bertsch (1986), indica para el establecimiento de la dosis de fertilizantes se deben considerar, el tipo de suelo y los resultados del análisis del suelo.

En el caso del nitrógeno se recomienda aplicar la mitad a inicio de la plantación y el resto en dependencia del tipo de siembra, las dosis recomendadas varían de 135 - 335 kg.ha⁻¹, dependiendo de la textura del suelo y la frecuencia de los riegos; durante la plantación se utilizarán 45 - 55 kg, posteriormente antes de que los bulbos se formen se tirará el resto del nitrógeno en bandas a los lados de la siembra.

Las dosis de fósforo, varían de acuerdo al contenido de este elemento en el suelo, teniendo así para suelos con bajo contenido (menos de 8 ppm), se recomienda el empleo de 165 de P₂O₅ kg.ha⁻¹ al voleo antes del rayado y posteriormente se adicionan 110 - 130 kg junto con la primera aplicación de nitrógeno, en bandas de 7 - 10 cm, directamente debajo de la semilla o del sistema radical de las plantas trasplantadas; en suelos con contenido medio de fósforo (8 - 12 ppm), la dosis se reduce de 110 - 140 kg.ha⁻¹ que se distribuyen en bandas

directamente debajo de la semilla o del sistema radical de las plantitas, y en suelos con altas concentraciones de este elemento (12 ppm), se usan de 65 - 130 kg.ha⁻¹, aplicadas de la misma manera que las recomendaciones anteriores. Cuando las plantaciones se realicen en época de invierno o inicios de la primavera y los suelos estén fríos, la disponibilidad del fósforo disminuye; por lo cual, conviene fertilizar con este nutriente aún en los suelos con buenas concentraciones.

En suelos con bajo contenido de potasio, se recomienda fertilizar con dosis de 110 - 120 kg.ha⁻¹ que se deben aplicar al voleo e incorporados posteriormente.

1.8.5 Riego.

Infoagro (2014), indica el primer riego se debe efectuar inmediatamente después de la plantación posteriormente los riegos serán indispensables a intervalos de 15-20 días. El déficit hídrico en el último período de la vegetación favorece la conservación del bulbo, pero confiere un sabor más acre. Se interrumpirán los riegos de 15 a 30 días antes de la recolección.

1.8.6 Enfermedades del cultivo.

Según Nicho (1993), tenemos al 'Mildiu' (*Peronospora destructor*), que produce una mancha blanca púrpura en las hojas viejas, el control es a base de Rhodax, Alliete, Ridomil a la dosis de 500 - 800 g/200 l. También se presenta la mancha púrpura (*Alternaria porri*) el cual se manifiesta como unas manchas oscuras y luego se tornan púrpuras, el control es a base de Dithane; Tecto Rhodax a la dosis de 0.5 kg/200 l.

1.8.7 Plagas del cultivo.

Según Nicho (1993), entre las plagas importantes a ‘Trips’ (*Thrips tabaci*) el cual afecta en épocas de calor y rendimiento de sequía, el daño se manifiesta al succionar la savia de las hojas lo cual produce un color plateado de los tejidos y deformación de las hojas; el control es a base de Perfekthion (300 cc/200 l), Lannate (200 g/200 l de agua).

1.8.8 Cosecha.

Según Infoagro (2014), la cosecha se lleva cuando empiezan a secarse las hojas, señal de haber llegado al estado conveniente de madurez. Se arrancan con la mano si el terreno es ligero, y con la azada u otro instrumento destinado a tal fin para el resto de los suelos. Posteriormente, se sacuden y se colocan sobre el terreno, donde se dejan 2 - 3 días con objeto de que las seque el sol, pero cuidando de removerlas una vez al día. Es conveniente que se realice bajo tiempo estable en días secos. Se van formando montones de dimensiones similares a distancias regulares, lo cual facilita el transporte al almacén y permite una apreciación aproximada de la cantidad de la cosecha. Para el transporte sobre el campo se emplean las cestas y posteriormente se llevan ensacadas al almacén.

1.9 VARIEDADES DE CEBOLLA EN EL PERÚ.

Nicho (1993), menciona que en Perú se cultivan las variedades: Roja Arequipeña, Criolla, Piurana, Red Creole, Roja Italiana, Roja Lurín y Roja Americana. Luego de las colecciones de cultivares locales seleccionados en función a la forma de bulbo tipo perilla; se generó el cultivar mejorado de cebolla

‘Roja Arequipeña’ tipo perilla el cual se mantiene mediante la tecnología de producción de semilla genética empleando el método ‘Semilla – Bulbo – Semilla’.

1.10 FERTILIDAD DEL SUELO Y PRODUCTIVIDAD.

La fertilidad del suelo puede definirse como la capacidad del mismo para suministrar todos los nutrientes esenciales a la planta en forma obtenible y un equilibrio adecuado. También se entiende que el suelo debe estar razonablemente libre de sustancias que perjudiquen el crecimiento de la planta y de esta manera tener propiedades satisfactorias (Jiménez, 1983).

Por lo contrario, la productividad del suelo es una capacidad para producir cosechas. Para comprender la productividad del suelo se debe reconocer las relaciones suelo, planta, agua existentes. Algunos de los factores externos que controlan el crecimiento de las plantas como lo son: aire, temperatura, luz, soporte mecánico, nutrientes y agua lo cual estos contribuyen a la productividad del suelo (Jiménez, 1983).

La productividad es básicamente un concepto económico y no una propiedad del suelo, que implica en el mismo tres cosas.

- El manejo
- El producto (los rendimientos de ciertos cultivos)
- El tipo de suelo

1.10.1 Importancia de la fertilidad y de un diagnóstico.

Los suelos son el medio en el cual los cultivos crecen, lo cual se entiende que la fertilidad de los suelos es la necesidad básica de la producción de cultivos,

ésta es vital para un suelo productivo. Un suelo fértil no tiene que ser necesariamente un suelo productivo, ya que el drenaje insuficiente, insectos, sequía y otros factores puedan limitar su producción. Para comprender mejor la fertilidad del suelo, se debe conocer primero los factores que favorecen o limitan la productividad (Potash & Phosphate Institute, US. 1993).

1.10.2 Métodos de evaluación de la fertilidad del suelo.

Según Millar y Hernando (1964), la evaluación de la fertilidad de un suelo nos permite diagnosticar y predecir la disponibilidad de los elementos nutritivos en un determinado suelo. Para suministrar en cantidades razonables y en equilibrio adecuado todos los principios nutritivos que una planta toma de las fracciones minerales y orgánicas del suelo, y además estar localizado en una zona climática que proporcione la humedad, la luz y el calor suficientes para las necesidades de las plantas. Asimismo las materias tóxicas no deben figurar en cantidades suficientes que limiten de un modo apreciable el crecimiento y las condiciones estructurales del suelo que deben ser satisfactorios.

El problema de predicción de las necesidades de nutrientes para las plantas ha sido estudiado durante muchos años. En 1813 Sir Humphrey Davy afirmó que si un suelo es improductivo, la causa de su esterilidad puede ser determinada mediante un análisis químico (Tisdale y Nelson, 1985).

Las ventajas de las pruebas químicas y biológicas tienen un valor como base para recomendar adición de cal y fertilizantes, estos resultados deben estar correlacionados con las respuestas de las cosechas en los campos Tisdale y Nelson, (1985), diversas técnicas que se emplean comúnmente tiene como

indicador del grado de fertilidad de un suelo:

- Síntomas de deficiencia de Nutrientes en las plantas.
- Análisis foliar o de los tejidos de las plantas que crecen en el suelo.
- Test biológicos
- Test químicos del suelo.

El análisis de suelo o " las pruebas de los suelos" es la columna vertebral del programa de evaluación de la fertilidad Hunter y Fitts, (1974), que complementa la descripción de la morfología del suelo en el campo, dando mayor precisión a la propiedades físicas tales como textura y la fracción de arcilla que no puede ser estimada en el examen de campo. Los test de los suelos es esencialmente el examen en el laboratorio de los suelos, por tanto, es distinto del examen de campo.

El análisis de suelos como método de diagnóstico de deficiencias de nutrientes en el suelo, está en función a la eficacia de extracción del reactivo químico empleado sobre los nutrientes disponibles para las plantas. Si hay correlación entre la cantidad de nutrientes determinada por el método químico y la cantidad requerida por la planta se puede estimar la necesidad de aplicar o no los fertilizantes (Jackson, 1976).

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que la evaluación de la fertilidad de un suelo por el método de síntomas de deficiencia es el único método que no requiere un equipo caro y especializado y puede ser utilizado como un suplemento de las técnicas para el diagnóstico, síntomas que se basan en las observaciones o en las medidas del crecimiento de las plantas. Las anomalías en el crecimiento de

las plantas pueden deberse a deficiencia de uno o más elementos nutritivos. Si una planta carece de un elemento determinado, deben aparecer síntomas característicos, en mayor o menor número.

Las parcelas de omisión en caso que no sea posible realizar análisis de suelo o de plantas, se puede estimar la capacidad del suelo de suministrar nutrientes utilizando la técnica del elemento faltante. Esto se hace utilizando parcelas pequeñas en las cuales cada uno de los nutrientes evaluados se omite en una parcela pero todos los demás nutrientes se aplican en niveles adecuados. Por otra parte, una parcela recibe todos los nutrientes y otra parcela se deja sin aplicación alguna. Si no se observa disminución de rendimiento cuando se omite un nutriente comparado con la parcela con “todos los nutrientes”, se asume que el suelo está suministrando niveles adecuados del nutriente omitido (IPNI, 2012).

1.11 DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO.

1.11.1 Nitrógeno (N)

Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que la disponibilidad de este elemento es de gran importancia para las plantas, las que absorben nitrato y amonio que utilizan en la síntesis de las proteínas y de otros compuestos orgánicos vegetales. A través de los procesos microbianos de fijación del N, se produce un enriquecimiento en el suelo. Aproximadamente el 98% del N total de la tierra, se presenta en la litósfera (suelos, rocas, sedimentos, materiales fósiles). El resto del N se encuentra casi en su totalidad en el aire, del que constituye el 78%, presentándose en forma molecular (N_2). En las aguas de la hidrósfera el nitrógeno aparece en forma molecular (N_2) e inorgánico como

NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+ , y en forma orgánica, en partículas de materia orgánica.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que el nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro puede ser controlado por el hombre. Este elemento, para ser absorbido por la mayoría de las plantas, excepto leguminosas, debe estar en forma diferente que la del nitrógeno elemental. Las formas más comúnmente asimiladas por las plantas son los iones de (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). La úrea (NH_2CONH_2) también puede ser absorbida por la plantas.

Plaster (1997), manifiesta que el nitrógeno, más que cualquier otro elemento, facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro. Las plantas necesitan mucha cantidad de nitrógeno porque forma parte de muchos compuestos importantes, incluyendo la proteína y la clorofila.

Buckman y Brady (1993), mencionan que la cantidad de nitrógeno en el suelo es pequeña, mientras que la consumida anualmente por los cultivos es comparativamente grande. A veces, el nitrógeno del suelo es demasiado soluble y así desaparece por drenaje; a veces se volatiliza; otras es definitivamente inasimilable por la plantas superiores.

a. Fijación de nitrógeno.

Tisdale y Nelson (1985), indican que la fuente final del nitrógeno utilizado por las plantas es el gas inerte (N_2), que constituye aproximadamente el 78% de la atmósfera terrestre. Sin embargo, en esta forma elemental, no es utilizado por las plantas superiores. Los caminos principales por los que el nitrógeno es convertido

a formas utilizables por las plantas superiores son los siguientes. (1) Fijación de nitrógeno por rihizobia y otras bacterias simbióticas; (2) fijación de nitrógenos por los microorganismos que viven libremente en el suelo; (3) fijación atmosférica a través de descargas eléctricas; (4) fijación industrial del nitrógeno.

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que las principales formas asimilables de N para la planta son la nítrica y la amoniacal. Sin embargo, éstas representan sólo una pequeña fracción del N en la naturaleza y serían insuficientes para satisfacer las necesidades de la vegetación que cubre la corteza terrestre. La mayor cantidad de N se encuentra en la atmósfera, donde constituye aproximadamente el 80% del volumen total. Este contenido atmosférico se aprovecha, a través de los procesos microbianos de la fijación y de las descargas de N en la precipitación pluvial, cubriéndose casi las necesidades de las plantas.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que se reconocen cuatro vías de adquisición en los suelos cultivables: (1) fijación del nitrógeno por las bacterias de las leguminosas; (2) fijación libre o nitrificación; (3) adiciones en el agua de lluvia y nieve, y (4) aplicación del nitrógeno en fertilizantes, estiércol y plantas verdes.

a.1. Fijación simbiótica del Nitrógeno.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que las cantidades de nitrógeno fijado por la Rhizobia difieren con la cepa Rhrizobial, la planta huésped, y las condiciones ambientales bajo las que ambas se desenvuelven, aunque no es de gran interés para la agricultura según es practicada en la mayoría de los

avanzados, la fijación del nitrógeno por los árboles leguminosos es importante para la ecología de los bosques tropicales y subtropicales

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que los microorganismos simbióticos contribuyen con la mayor proporción en la fijación de N. Entre ellos, las diferentes razas del *Rhizobium leguminosarum* (*Bacterium radicola*) son las más importantes; se desarrollan en simbiosis con las plantas de las subfamilias Papilionoideae.

a.2. Microorganismos que viven libremente en el suelo.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que la fijación del nitrógeno en los terrenos se realiza también en cierto modo por algunos organismos que viven libremente, los cuales incluyen a numerosas especies de las algas azul-verdosas y ciertas bacterias que viven libremente. Los más importantes son los *Rhodospirillum*, que son fotosintéticos, *Clostridium*, que es una saprofita anaerobio, y los saprofitas aerobios, *Azotobacter* y *Beijerinckia*.

Fassbender y Bornemisza (1987), consideran que algunos microorganismos libres, asimbióticos, están capacitados para la fijación de N. Son heterótrofos con respecto al carbono: necesitan para su desarrollo azúcares, celulosa o almidones, los que encuentran en el suelo, producidos, muchas veces, por otros microorganismos. La cantidad de nitrógeno fijada por los microorganismos no simbióticos, no son tan altas como la fijada simbióticamente.

a.3. Fijación atmosférica a través de descargas eléctricas.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que los compuestos nitrogenados se hallan en la atmósfera y vuelven a la tierra cuando llueve. El nitrógeno está en forma de amoníaco, NO_3^- , NO_2^- , y óxido nitroso, y combinaciones orgánicas. Todas estas distintas formas de nitrógeno atmosférico están siendo continuamente devueltas al suelo por la lluvia. La cantidad total de nitrógeno fijado llevado de esta forma al terreno ha sido estimada y varía del orden de entre 1 a 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ anualmente, dependiendo del lugar.

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que la fijación del nitrógeno por las descargas eléctricas, están en función de las descargas eléctricas y tormentas en la atmósfera, con la cual el N molecular (N_2) se oxida a (NO^+) y en las nubes reacciona hasta ácido nítrico (NO_3^-). Con las lluvias se produce así una transferencia de N; las cantidades dependen de la intensidad de las descargas, de la cantidad de lluvia. Plaster (1997), señala que las cantidades que se precipitan son variables, fluctuando normalmente según la estación y localidad. Se sabe que las adiciones son mayores en los trópicos que en las regiones templado - húmedas y mayores en éstas que en los climas semiáridos.

a.4. Fijación industrial del nitrógeno.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que desde el punto de vista de la agricultura comercial, tal como se practica en los Estados Unidos, Europa y otros países desarrollados, la fijación industrial del nitrógeno es la fuente más importante de este elemento como nutriente de las plantas.

b. Formas de nitrógeno en los suelos.

Tisdale y Nelson (1985), lo clasifican en nitrógeno inorgánico y orgánico.

b.1 Compuestos nitrogenados inorgánicos.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO . Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- son de mayor importancia; el óxido nitroso y el óxido nítrico también son importantes en un cambio negativo.

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que en las formas inorgánicas el nitrógeno se presenta como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido (NO_2) y amoníaco (NH_3), en cantidades mínimas casi no detectables; además, como el amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-). Por lo general, estas formas inorgánicas constituyen sólo hasta el 2% del N total del suelo.

b.2 Compuestos nitrogenados orgánicos.

Tisdale y Nelson (1985), afirman que las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidados, aminoácidos libres, amino azúcares, y otros complejos, generalmente compuestos no identificados.

Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que el nitrógeno orgánico representa entre el 85 y 95% del nitrógeno total. Los compuestos nitrogenados que se acumulan en los suelos en forma de restos de animales y vegetales, tienen en su mayoría naturaleza proteica.

c. Dinámica del nitrógeno.

c.1 Transformaciones del nitrógeno en los suelos.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que las plantas absorben la mayor parte de su nitrógeno en forma de NH_4^+ y de NO_3^- . Las cantidades de estos iones que pueden utilizarse por las raíces de las plantas agrícolas dependen en gran parte de las cantidades suministradas como fertilizantes nitrogenados comerciales y liberadas de las reservas de nitrógeno del terreno contenidas en compuestos orgánicos. La mineralización del nitrógeno es simplemente la conversión de nitrógeno orgánico a la forma mineral (NH_4^+ , NO_3^- y NO_2^-). La inmovilización del nitrógeno es la conversión del nitrógeno inorgánico o mineral a la forma orgánica.

d. Equilibrio del nitrógeno orgánico mineral en el suelo.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que la materia orgánica en sentido amplio se agrupa en dos categorías. La primera es un material relativamente estable denominado humus, que es algo resistente a una rápida descomposición. La segunda incluye aquellos materiales orgánicos que se hallan sujetos a una descomposición francamente rápida, materiales que van desde residuos frescos de las cosechas a aquellos que por una cadena de reacciones de descomposición se aproximan a un cierto grado de estabilidad.

El nitrógeno es necesario en alguna forma para la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos heterótrofos del terreno. Si el material orgánico que se descompone tiene una cantidad de nitrógeno pequeña

en relación al carbono presente (paja de trigo, tallos de cereales maduros), los microorganismos utilizan algún NH_4^+ , o NO_3^- reciente en el terreno. Este nitrógeno es necesario para permitir un rápido crecimiento de la población microbiana que acompaña a la adición al terreno de una gran proporción de material carbonado.

La proporción del porcentaje de carbono respecto al nitrógeno se denomina la relación carbono: nitrógeno, o simplemente relación C:N, lo que define las cantidades relativas de estos dos elementos minerales los materiales orgánicos recientes, humus. La relación C:N de la materia orgánica estable del suelo es de aproximadamente 10:1 como regla general, cuando los materiales orgánicos con una relación C:N mayor de 30 se añaden a los terrenos, hay una inmovilización del N del terreno durante el proceso de descomposición inicial.

e. Mineralización de los compuestos nitrogenados.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que la mineralización de los compuestos nitrogenados orgánicos se produce etapa por etapa en tres reacciones esenciales: aminización, amonificación y nitrificación.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que la mineralización del nitrógeno en los suelos se realiza por tres procesos: a) aminificación, b) amonificación y c) nitrificación.

e.1 Aminización.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que la descomposición de los materiales nitrogenados es la descomposición hidrolítica de las proteínas, y la

liberación de aminas y de aminoácidos.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que las proteínas y compuestos semejantes, que constituyen en gran parte la materia nitrogenada comúnmente añadida al suelo, son de poco valor para las plantas superiores. Pueden, sin embargo, ser fácilmente utilizadas por los organismos heterogéneos, del suelo, tanto vegetal como animal. Como resultado de la digestión enzimática realizada por los organismos, tales compuestos se degradan fácilmente en compuestos aminados, como proteasas, peptonas y, finalmente, aminoácidos.

e.2 Amonificación.

Tisdale y Nelson (1985), afirman que las aminas y los aminoácidos así liberados son utilizados posteriormente por otros grupos de organismos heterótrofos con la liberación de compuestos amoniacales.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que los mismos organismos, en general, que facilitan la aminización también promueven la amonificación. Al hacerlo así producen varias fuentes de energía y se apropian del nitrógeno vecino. La amonificación parece progresar en suelos bien aireados y drenados con muchos cationes alcalinos presentes.

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que a través de la amonificación, las macromoléculas de las proteínas, los ácidos nucleicos y otros, en primer lugar, son despolimerizado por la acción de las enzimas proteolítica, en peptonas y poli péptidos; estos últimos, a su tiempo, se descomponen en aminoácidos.

e.3 Nitrificación.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que algo de NH_4^+ liberado en el proceso de amonificación es convertido a nitrato. Esta oxidación biológica del amoniaco a nitrato se conoce como nitrificación.

Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que el amonio resultante de la mineralización de N orgánico y/o aplicado al suelo en forma de fertilizantes, es oxidado en el suelo, pasando primero a formas nitrosas y después a las formas nítricas. Al conjunto de estos procesos se le llama nitrificación.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que los factores que afectan la nitrificación en el suelo son: (1) el suministro del ión amonio, (2) la población de organismos nitrificante, (3) la reacción del suelo, (4) la aireación del suelo, (5) la humedad del suelo, y (6) la temperatura.

f. Retención de nitrógeno iónico en el suelo.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que la naturaleza del NH_4^+ permite su adsorción y retención por el material coloidal del suelo. De esta manera no está sujeto a eliminación por filtración de las aguas como en forma de nitrato. El nitrógeno en forma de amonio puede ser retenido en los suelo durante largos periodos de tiempo si las condiciones para la nitrificación son desfavorables.

Una vez que el amoniaco es nitrificado queda sujeto a filtración, porque el anión nitrato no es retenido por las arcillas. El nitrógeno como nitrato es completamente móvil en los terrenos y se transporta sin límite, ampliamente, con el agua del terreno. Igualmente manifiesta que el nitrógeno en forma de

amonio como el nitrógeno en forma de nitrato puede ser inmovilizado por la microflora del suelo.

g. Fijación de amonio.

Tisdale y Nelson (1985), dicen que una de las posibles suertes del nitrógeno NH_4^+ en los terrenos es su fijación por las arcillas tipo 2:1 (montmorillonita, la illita, y la vermiculita). La fijación de NH_4^+ es similar a la de la fijación del K^+ .

h. Funciones de nitrógeno en la planta.

Devlin (1970), manifiesta que probablemente el papel más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica. Además, el nitrógeno se encuentra en moléculas tan importantes como las purinas, pirimidinas, porfirinas y coenzimas. Las purinas o las pirimidinas se encuentran en los ácidos nucleicos, ARN y ADN, esenciales para la síntesis de las proteínas.

i. Deficiencia de nitrógeno.

Plaster (1997), dice que la deficiencia del nitrógeno en todas las plantas permite un crecimiento lento y la falta de crecimiento son las señales más obvias de una escasez de nitrógeno.

Devlin (1970), dice que el síntoma de la deficiencia en nitrógeno más fácilmente apreciable es el amarillamiento de las hojas, debido a una disminución del contenido de la clorofila. En general, este síntoma empieza a notarse en las hojas más maduras, y aparece en último lugar en las hojas superiores sometidas a

un crecimiento más activo. Esta aparición de los síntomas de deficiencia en nitrógeno en las hojas más jóvenes se debe a la elevada movilidad del nitrógeno en la planta. Las hojas jóvenes retienen su nitrógeno y, por si fuera poco, absorben nitrógeno procedente de las hojas más viejas.

1.11.2 Fósforo (P)

Buckman y Brady (1993), mencionan que exceptuando al nitrógeno, ningún elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas, como el fósforo.

Fassbender y Bornemisza (1987), señalan que el fósforo es relativamente estable en los suelos, no presenta compuestos inorgánicos como los nitrogenados que pueden ser lixiviados y volatilizados. Esta estabilidad se debe a su baja solubilidad, que a veces causa deficiencias de disponibilidad para las plantas. Los fosfatos se originan del mineral "Apatita", que está constituido 90% de fosfato tricálcico, conteniendo F y Ca en forma de sal doble, cierta cantidad de ácido sílico y en ciertas ocasiones Fe y Mn. Los cristales de apatita se encuentran en la mayoría de las rocas ígneas y metamórficas, que al meteorizarse, la apatita y su fosfato componente se incorporan al suelo.

La FAO (2002), menciona que el fósforo es un macronutriente esencial para las plantas. Es absorbido por las raíces principalmente como H_2PO_4^- y en menor grado como HPO_4^{2-} . El contenido en la materia seca de las plantas es 0.1-0.4%. Se menciona en el mercado de los fertilizantes como P_2O_5 (pentóxido de fósforo). El fósforo en las plantas está involucrado en la transferencia de energía, división celular, desarrollo de tejido y en el crecimiento. Es un constituyente del ADN, ARN, así como de las moléculas portadoras de energía

ADP, ATP, etc. Juega un papel importante en la promoción del crecimiento de la raíz, desarrollo del grano y la sincronización de la maduración. Después del N, es el nutriente más importante. La condición asociada con el nivel insuficiente de P en el sistema suelo - planta, se refiere como deficiencia de P, retarda el crecimiento del cultivo, desarrollo de las raíces y demora la maduración. Los síntomas de deficiencia comienzan a aparecer en las hojas más viejas. Se desarrolla un color verde-azuloso a rojizo que puede conducir a tintes bronceados y color rojo. La deficiencia de fósforo en los suelos alcalinos neutros se indica por menos de 10 kg P.ha^{-1} , en la capa arable, mediante la extracción con bicarbonato de sodio (método de Olsen).

a. El fósforo en el suelo.

Black (1975), indica que el fósforo en el suelo se encuentra casi exclusivamente como ortofosfato, derivándose todos los compuestos de ácido fosfórico. Puede clasificarse como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza en el que se halla. La fracción inorgánica puede clasificarse por su naturaleza física, mineralógica o química y/o por combinación de ellas en formas cristalizadas con el Fe, Al, F, y Ca; así como fosfatos amorfos y ocluidos.

Tisdale y Nelson (1985), indican que la fracción orgánica se halla en el humus, de acuerdo a su estructura química, forma fosfatos orgánicos, como: Fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfatos metabólicos, fosfatos de inositol y ácidos nucleicos.

Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que factores como la temperatura, precipitación, grado de desarrollo de los suelos, acidez, actividad

biológica; determinan la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo.

b. El fósforo en la solución del suelo.

Domínguez (1989), menciona que el fósforo en la solución del suelo se encuentran en cantidades muy pequeñas, de 0.03 a 0.30 ppm, siendo las formas importantes: los fosfatos mono y dibásico y en menor importancia los ortofosfitos; de modo que en los suelos pobres deben renovarse para cubrir las necesidades de las plantas.

Thompson (1974), menciona que la concentración de iones fosfato en la solución suelo están relacionados con el pH del medio. Entre 2 y 7, predominan los iones H_2PO_4^- y entre 7 a 12, iones $\text{H}_2\text{PO}_4^{=}$. La concentración del fosfato monobásico es máxima a pH 4 y mínimo a pH de 9, lo contrario ocurre con el fosfato bibásico. Los dos iones se encuentran en equilibrio a un pH de 7.2, entre el pH 5.5 a 6.0, la solución acuosa del suelo contiene la máxima concentración de fosfato monobásico; estando en equilibrio con los fosfatos de Fe, Al y Ca.

c. El fósforo en la planta.

c.1 Absorción del ácido fosfórico.

Domínguez (1989), afirma que las plantas absorben elementos nutritivos por contacto directo de las raíces con las partículas sólidas del suelo, pequeñas cantidades de fósforo; pero lo hacen mayormente por difusión de la solución del suelo en forma de ión ortofosfato monobásico y en menor cantidad como ión

ortofosfato dibásico. También pueden absorber moléculas de iones fosfato orgánico.

Black (1975), señala que la absorción de iones ortofosfato, están influenciados por otros aniones minerales; disminuye cuando aumenta en la solución suelo las concentraciones de los iones NO_3^- y $\text{SO}_4^{=}$, aumenta en presencia del catión NH_4^+ .

c.2 Distribución del ácido fosfórico en la planta.

Russell J. y Russell W. (1968), mencionan que el ácido fosfórico es un componente esencial de las plantas, se encuentra combinado con otras sustancias o con cuerpos simples, formando fosfatos minerales o en la mayoría de los casos son sustancias complejas, que forman combinaciones orgánicas (lecitinas, fitinas, ácido nucleico, fosfolípidos y metabolitos fosforilados). El ácido fosfórico abunda en los órganos jóvenes de las plantas, se almacena en las semillas en forma de sustancias de reserva. Las plantas lo absorben sobre todo durante el período de crecimiento activo y al final de la vegetación, se aprecia el traslado del ácido fosfórico hacia los órganos de reserva de la planta.

Domínguez (1989), señala que entre los compuestos frecuentes destaca el di y trifosfato de adenosina (ADP, ATP), dinucleótido de adenina, nicotinamida.

c.3 Rol del fósforo en la planta.

Tisdale y Nelson (1985), afirman que los compuestos citados anteriormente y otros orgánicos fosforados, son los responsables de la mayoría de los cambios

de energía en los procesos de vida aeróbicos y anaeróbicos. Estos compuestos fosfóricos son esenciales para la fotosíntesis, la interconversión de carbohidratos y compuestos afines: glicólisis, metabolismo del azufre oxidaciones biológicas y otros procesos. El fósforo es un elemento esencial y constituyente de los procesos de transferencia de energía tan vitales para la vida y en crecimiento de las plantas. El fósforo en la planta, constituye e interviene favorablemente en las siguientes funciones:

- División celular y crecimiento.
- Floración, fructificación y formación de la semilla.
- Desarrollo radicular.
- Mejora la calidad de las cosechas.
- En las leguminosas favorece el desarrollo de los nódulos.
- Incrementa el peso y el tamaño de los cultivos que se explota por sus raíces y tubérculos.
- Desarrollo rápido y vigoroso de las plantas jóvenes.
- Confiere a las plantas precocidad al acelerar la floración y fructificación.

d. Síntomas de deficiencia del fósforo.

Devlin (1970), señala que la deficiencia en fósforo, puede provocar en las plantas, la caída prematura de las hojas, aparición de pigmentación roja o púrpura. Presencia de zonas necróticas sobre las hojas, pecíolos, frutos; con un aspecto achaparrado y débil de las plantas.

Devlin (1970), Black (1975), Tisdale y Nelson (1985), expresan, que la deficiencia en fósforo en los cultivos, muestran los siguientes síntomas:

- Lento crecimiento y desarrollo de la planta.
- Poco desarrollo del xilema y floema.
- Escasa floración y fructificación.
- Retraso en la maduración de las cosechas.
- Las hojas, muestran una coloración verde oscura con matices rojizos (antocianina).
- Menor peso y tamaño de las plantas.
- Tallos pequeños, delgados y débiles.
- Los granos pequeños no germinan.
- Bajo rendimiento en grano, frutos y semillas.

1.11.3 Potasio (K)

Plaster (1997), dice que el potasio es un nutriente clave para la planta. Las plantas consumen más potasio que cualquier otro nutriente, exceptuando el nitrógeno. El potasio se disuelve en los fluidos de la planta, cubriendo diversas funciones reguladoras.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que el potasio es absorbido por las plantas en cantidades mayores que cualquier otro elemento mineral exceptuando el nitrógeno y quizás el calcio. Grandes depósitos en forma de sales de cloruro y sulfatos se hallan en grandes depósitos de varios centenares y algunas veces varios miles de pies debajo de la superficie de la tierra.

Buckman y Brady (1993), mencionan que las razones por las cuales no se ha observado una vasta deficiencia de este elemento hasta muy recientemente son, por lo menos, dos. En primer lugar, la cantidad de potasio originariamente en reserva era muy grande en la mayor parte de los suelos, lo que permitió muchos años de cosecha hasta que apareciera la verdadera falta de él. En segundo lugar, aun cuando el potasio, en ciertos terrenos, pudiera haber sido insuficiente para que las cosechas obtuvieran un rendimiento óptimo, la producción estaba primordialmente afectada por falta de N y P, falta que ocasionó una limitación drástica.

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que en la corteza terrestre el potasio contiene aproximadamente 2.5% de K, así el potasio ocupa el octavo lugar de abundancia de elementos químicos en la corteza terrestre. Igualmente manifiesta que el contenido de potasio en los minerales que constituye las rocas y, desde luego, los suelos, es igualmente variable.

a. Formas de potasio en los suelos.

Buckman y Brady (1993), clasifican al potasio en función de su aprovechamiento en tres grupos generales: (1) rápidamente asimilable; (2) lentamente asimilable y (3) no aprovechable.

Fassbender y Bornemisza (1987), clasifican al potasio de la siguiente manera; (1) potasio estructural; (2) potasio en los minerales secundarios; (3) potasio adsorbido; (4) potasio intercambiable y, (5) potasio en la solución del suelo.

Tisdale y Nelson (1985), afirman que el potasio en muchos suelos, de la cantidad total de potasio en el suelo, tan sólo una fracción puede ser utilizada inmediatamente por las plantas. Igualmente lo clasifica en tres formas: (1) el potasio fijado, (2) el potasio lentamente disponible, y (3) fácilmente disponible.

a.1. Potasio fácilmente disponible.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que el potasio se halla en la solución del suelo y en el complejo de intercambio y es fácilmente absorbido por la planta, esta forma de potasio se encuentra de 1-2 % en la solución del suelo.

Buckman y Brady (1993), afirman que el potasio prontamente asimilable constituye aproximadamente sólo el 1-2% de la cantidad total de este elemento en un suelo mineral medio. Aparece en los suelos bajo dos formas: (1) potasio en las soluciones del suelo, y (2) potasio intercambiable adsorbido en las superficies coloidales del suelo. Aunque la mayor parte de este potasio asimilable (90%) está en forma intercambiable, la solución de potasio en el suelo es algo más fácilmente absorbida por las plantas superiores y, por supuesto, sujeta a considerables pérdida por drenaje.

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que el K que contiene la solución del suelo, donde se produce la absorción por la planta, es una fracción muy pequeña del K total. El K en la solución del suelo es directamente disponible por la planta, y en condiciones específicas puede ser percolador, lo que, a veces genera una pérdida de potasio en el suelo. El K intercambiable se encuentra adsorbido al complejo coloidal del suelo (arcilla, materia orgánica e

hidróxidos) está en equilibrio con el K de la solución del suelo. Cuando las plantas absorben el K, su reposición en la solución del suelo se produce a partir del K cambiante.

a.2. El potasio lentamente disponible.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que el K es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales tales como la illita, que aparecen alternativamente para eliminarlo o fijarlo, dependiendo de diversos factores. Uno es la concentración de potasio disponible en la solución del suelo en la forma cambiante, también manifiesta que el potasio fácilmente disponible se encuentra del 1-10%

Buckman y Brady (1993), manifiestan que bajo determinadas condiciones de suelo, el K de ciertos fertilizante, tales como el cloruro de potásico, no sólo es absorbido, como antes se dijo, sino que también puede ser “fijado”, por ciertos coloides del suelo. En esta forma el K no puede ser reemplazado por los métodos ordinarios de cambio y, en consecuencia, se considera como potasio no cambiante. Además ya que el potasio fijado es reconvertido lentamente a formas asimilables, de ningún modo queda totalmente perdido para las plantas que se desarrollan.

a.3. Potasio no aprovechable.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que la mayor parte (del 90 al 98%) del K total de un suelo está casi siempre en formas no aprovechables. Los compuestos conteniendo gran cantidad en esta forma de potasio son los

feldespatos y las micas Tisdale y Nelson (1985), mencionan que el potasio no disponible se halla en minerales primarios tales con mica y feldespatos y en ciertos minerales secundarios que atrapan potasio en su estructura.

b. Fijación de potasio.

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que la fijación de potasio, o la acumulación de este elemento en el espacio intercelular de las arcillas, es un fenómeno de gran importancia dentro de su dinámica. Este proceso ocurre debido a características específicas de los minerales arcillosos del grupo 2:1, como las illitas, montmorillonita y vermiculitas, en virtud de características específicas de los iones K^+ y NH_4^+ . El K^+ y el NH_4^+ fijados son accesibles a la planta solamente cuando faltan otras formas disponibles de K del suelo.

c. Pérdidas de potasio en los suelos.

c.1 Pérdida por filtración

Buckman y Brady (1993), señalan que al contrario de lo que se produce con el N y P gran cantidad de potasio se pierde por lixiviación. En casos extremos, la magnitud de esta pérdida puede llegar casi a la de la potasa absorbida por el cultivo.

c.2 Pérdidas por erosión.

Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que la importancia de la pérdida de elementos nutritivos, debidos al agua de escorrentía y gravitacionales, puede comprenderse al observar los datos disponibles sobre el río Amazonas. La

cuenca de las amazonas abarca cerca de 7×10^6 km² en varios países de América del Sur y presenta una descarga anual promedio de 218000 m³.seg⁻¹. Un estudio de Gibbs sobre los diferentes afluentes y el río Amazonas como tal, registró por un lado valores de materiales de suspensión entre 2 y 120 mg.l⁻¹ y un promedio de 75 mg.l⁻¹ en el Amazonas, al tiempo que las pérdidas totales de materiales suspendidos se calcularon en 5×10^6 t.año⁻¹; por otro lado, los materiales disueltos alcanzaron valores entre 25 y 45 mg.l⁻¹ con un promedio de 36 mg.l⁻¹, lo que implica una pérdida de 2479000 t.año⁻¹. Estas pérdidas son irreparables.

c.3 Pérdidas por las cosecha.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que la tercera fase del problema del potasio concierne a la concentración del dicho elemento en la plantas o, en otras palabras, su absorción por las plantas. Bajo las condiciones ordinarias del campo y con una reserva nutritiva adecuada, la absorción de potasio por los vegetales es elevada, a menudo, 3 a 4 veces la del fósforo e igual a la del hidrógeno.

d. Consumo de lujo.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que una cierta cantidad de este elemento es requerido para que el rendimiento sea óptimo, y se le denomina potasio requerido. Todo el potasio consumido por encima de este nivel crítico es considerado como de “lujo”, pues su remoción es totalmente inútil.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que el término consumo de lujo ha sido impropriamente utilizado. Significa que las plantas pueden continuar absorbiendo un elemento en cantidades que exceden de lo que se requiere para su crecimiento

óptimo. Esto da como resultado una acumulación del elemento en la planta sin un aumento correspondiente en el crecimiento y sugiere, en otra palabra, un uso ineficaz y antieconómico de este elemento particular.

e. Función de potasio en la planta.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que el potasio es esencial para la formación del almidón y la hidrólisis de los azúcares. Es necesario para el desarrollo de la clorofila, aunque no entre en la formación de su molécula como lo hace el magnesio.

Domínguez (1989), afirma que el potasio ejerce una función muy importante como osmorregulador disuelto en el jugo celular. Su acumulación en la raíz crea un gradiente osmótico que permite el movimiento del agua, en la planta, operando de igual modo en las hojas. También es un elemento específico como regulador del movimiento de apertura y cierre de estomas.

Donahue, Miller y Shickluna (1981), manifiestan que el potasio en las plantas está en forma móvil más que como una parte integral de cualquier compuesto fijo. El potasio ayuda a mantener la permeabilidad de la célula, ayuda en la translocación de carbohidratos, mantiene el hierro más móvil en la planta y aumenta la resistencia de las plantas a ciertas enfermedades.

f. Síntomas de deficiencia del potasio.

Devlin (1970), indica que al principio se presenta un moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas de necrosis en la punta y los bordes

de la hoja. Debido a la movilidad del potasio, estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras. Así mismo, en muchos casos, el ápice de la hoja presenta una tendencia a encorvarse hacia abajo.

Buckman y Brady (1993), afirman que cuando el potasio es deficiente en cantidad, las hojas del cultivo se secan y se endurecen en los bordes, mientras que las superficies presentan una clorosis irregular.

1.12 LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE Y PRESENTE.

Tineo (2014), menciona que la técnica del elemento faltante y presente es una metodología para desarrollar recomendaciones de fertilización que permite ajustar la aplicación de nutrientes que se acomoden a las necesidades específicas de cada región agroclimática y que hagan uso eficiente de los nutrientes aplicados. El análisis de regresión utilizando la estructura de tratamientos 2^3 , para N, P, K, permite determinar el modelo matemático de primer orden.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

Los coeficientes de los términos lineales: b_1 ; b_2 ; b_3 indican el grado de aporte de cada nutriente en el abonamiento.

1.12.1 La técnica del elemento faltante (Parcelas de omisión).

Según Tineo (2014), la técnica consiste en comparar rendimientos de un cultivo cuando se hace faltar un elemento en el suelo mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando se recibe dicho elemento mediante la fertilización. De esta manera, se puede observar si la no adición del elemento en la fertilización del terreno perjudica el desarrollo de la planta; de no ser así el suelo

posee dicho elemento en cantidad suficiente para el suministro adecuado del vegetal.

Los tratamientos factorial, 2^K , para $K=3$ (T_1 : -2, -2; -2, T_2 : 2, 2, -2; T_3 : 2, -2, 2; T_4 : -2, 2, 2, T_5 : 2, 2, 2) son equivalentes a los tratamientos propuestos para el diagnóstico de la fertilidad del suelo por la técnica del elemento faltante:

TRAT.	X_1	X_2	X_3	Descripción
1	-2	-2	-2	T: Testigo , sin abonar
2	2	2	-2	-K: abonado sólo con N, P; no recibe k
3	2	-2	2	-P: abonado sólo con N, K; no recibe P
4	-2	2	2	-N: abonado sólo con P, K; no recibe N
5	2	2	2	C: Completo, abonado con N, P, K

-K (sin K), -P (sin P), -N (sin N) se comparan con el C (completo), el T (testigo) va como referencia.

1.12.1 La técnica del elemento presente (Parcelas de inclusión).

Según Tineo (2014), la técnica consiste en comparar los rendimientos de un cultivo cuando se hace disponible un elemento en el suelo mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando sólo se ha empleado la fertilidad natural de ese suelo. De esta manera, se puede observar si la adición del elemento mediante la fertilización repercute en el desarrollo de la planta; de no ser así el suelo posee dicho elemento en cantidad suficiente para el suministro adecuado del vegetal.

Los tratamientos factorial, 2^k , para $K=3$ (T_1 : -2, -2, -2; T_2 : 2, -2, -2; T_3 : -2, 2, -2; T_4 : -2, -2, 2, T_5 : 2, 2, 2) pueden utilizarse parar el diagnóstico de la fertilidad del suelo por la técnica del elemento presente:

TRAT.	X ₁	X ₂	X ₃	Descripción
1	-2	-2	-2	T: Testigo , sin abonar
2	2	-2	-2	+N: abonado sólo con N
3	-2	2	-2	+P: abonado sólo con P
4	-2	-2	2	+K: Abonado solo con K
5	2	2	2	C: Completo, abonado con N, P, K

+N (con N), +P (con P), +K (con K) se comparan con el T (Testigo), el C (completo) va como referencia.

1.12.3. Rendimientos relativos

Según Tineo (2014), el rendimiento relativo consiste en la comparación del rendimiento obtenido con algún tratamiento al que se hace faltar un nutriente, entre el rendimiento obtenido con el tratamiento completo (técnica del elemento faltante) o la comparación del rendimiento obtenido con algún tratamiento al que se suministra un nutriente, entre el rendimiento obtenido con el tratamiento testigo o fertilidad natural del suelo (elemento presente).

La técnica del elemento faltante, considera a los tratamientos T7 (-N), T6 (-P), T4 (-K) y T8 (C). La técnica del elemento presente, considera a los tratamientos T2 (+N), T3 (+P), T5 (+K) y T1 (T).

Los Rr para la técnica del elemento faltante se calculan con la fórmula siguiente:

$$Rr. (\%) = \frac{T_i}{T_8} * 100$$

Dónde:

T_i : tratamiento T_7 (-N), T_6 (-P), T_4 (-K)

T_8 : tratamiento completo.

Los R_r para la técnica del elemento presente se calculan con la fórmula siguiente:

$$Rr. (\%) = \frac{T_i}{T_1} * 100$$

Dónde:

T_i : tratamiento T_2 (+N), T_3 (+P), T_5 (+K)

T_1 : testigo.

Con la información de los rendimientos relativos se podrá obtener la fórmula de abonamiento, ello previo al conocimiento de la extracción de nutrientes por tonelada de producto cosechado.

El cuadro siguiente muestra la ubicación correspondiente a los cálculos a realizar para la obtención de la fórmula de abonamiento.

Trat.	Rdto.	Dif.	Comp.	PAU	FC	FR
-N						
-P						
-K						
C						

Los pasos a seguir para la determinación de la fórmula de abonamiento se señalan a continuación:

1. Colocar los rendimientos obtenidos en el campo (Rend.), en la columna 2, correspondientes a los tratamientos (Trat) identificados en la columna 1.
2. En la columna 3, escribir la diferencia (Dif.) entre los rendimientos del

tratamiento completo (C) y los tratamientos donde se omitió el factor (nutriente).

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-N)}$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-P)}$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-K)}$$

3. En la columna 4 se calcula la parte complementaria (Comp.) de nutrientes que debe incorporar la cosecha (mediante los abonos) en sus tejidos para alcanzar el rendimiento planteado ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

$$N = \text{Rdto}_{(C)} * \text{Extrac.}_{(N)}$$

$$P_2O_5 = \text{Rdto}_{(C)} * \text{Extrac.}_{(P)}$$

$$K_2O = \text{Rdto}_{(C)} * \text{Extrac.}_{(K)}$$

4. Los nutrientes que se suministran están sujetos a pérdidas en el suelo por diferentes mecanismos (lixiviación, fijación, etc.). La eficiencia de uso de los nutrientes suministrados vía abonamiento (PAU) depende de factores edáficos, climáticos y genéticos, entre otros. Considerando los valores indicados en la columna 5, calculamos las cantidades de abono (columna 6) requerido (FC).

$$N = \text{Comp.}_{(N)} * 100 / \text{PAU}_{(N)}$$

$$P_2O_5 = \text{Comp.}_{(P)} * 100 / \text{PAU}_{(P)}$$

$$K_2O = \text{Comp.}_{(K)} * 100 / \text{PAU}_{(K)}$$

5. Los valores de la columna 6 se redondean por comodidad para representarlo como una fórmula de abonamiento (columna 7: FR).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga, distrito de Andrés Avelino Cáceres, a una altitud de 2750 msnm cuyas coordenadas son: 13° 08' 05" Latitud Sur y de 74° 32' 00" Longitud Oeste.



Figura 2.1. Ubicación del Lugar – Huamanga.

184996

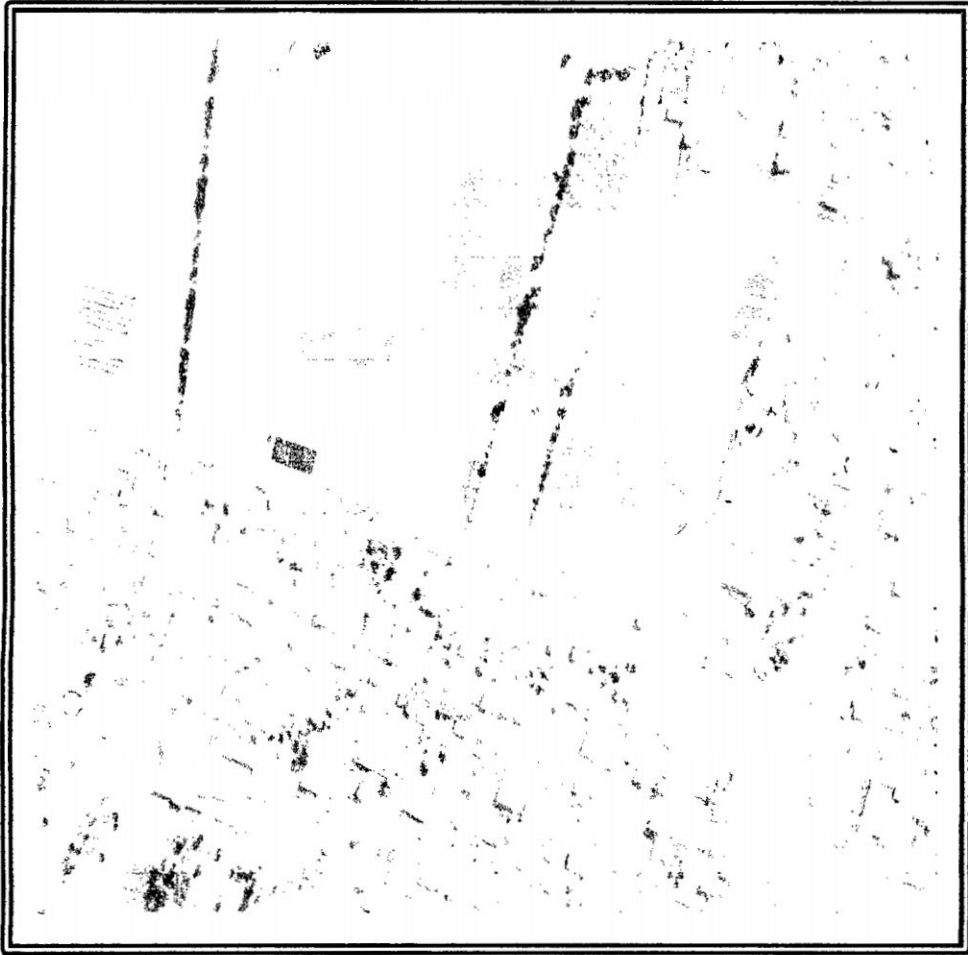


Figura 2.2. Ubicación del Lugar – Canaán.

2.2 CLIMA

Los datos meteorológicos se tomaron de la Estación Meteorológica de Pampa del Arco, que se encuentra dentro de la ciudad universitaria UNSCH con los cuales se determinaron las características agroclimáticas durante el desarrollo del cultivo de cebolla (Cuadro 2.1)

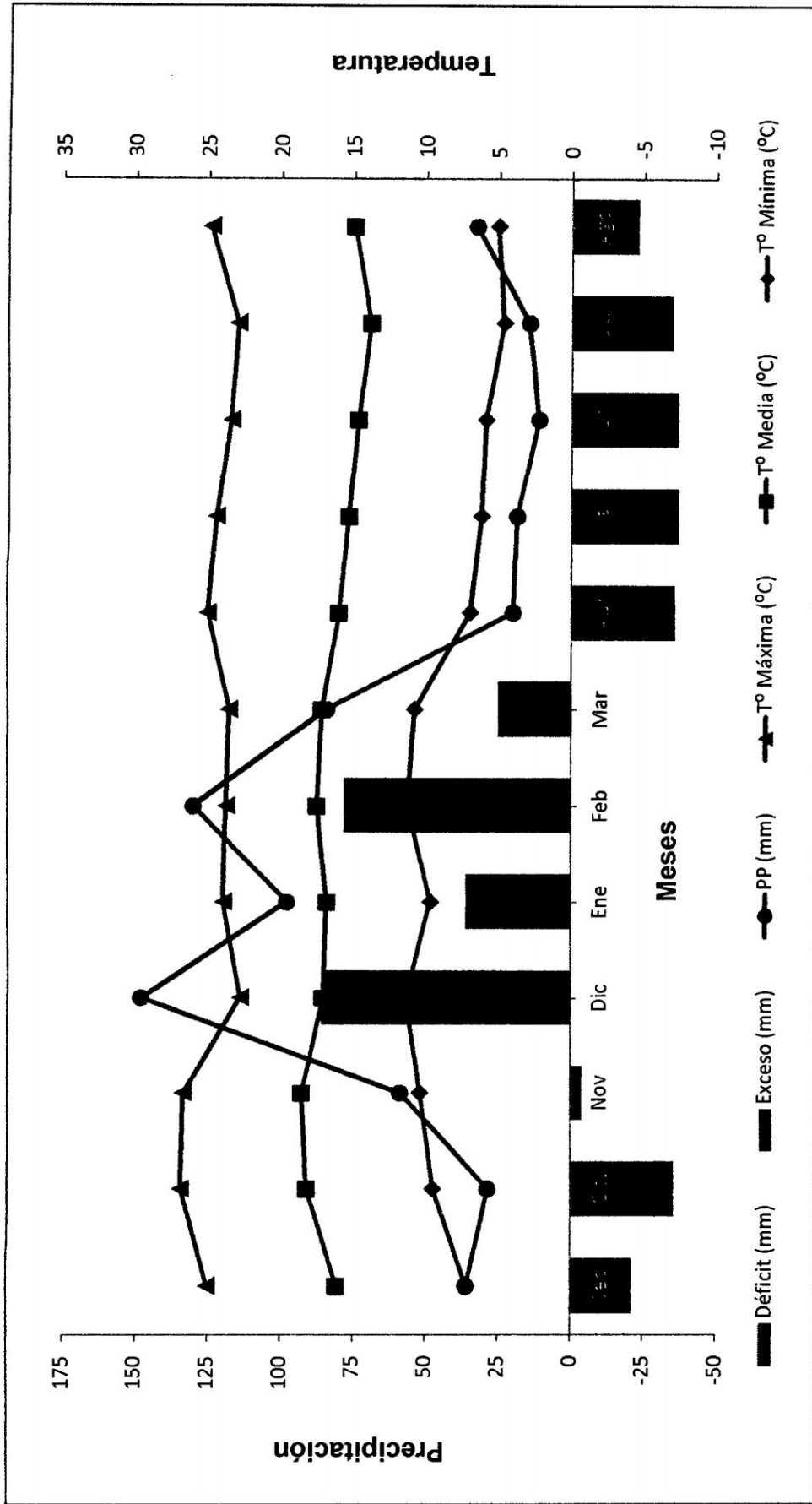


Gráfico 2.3: Diagrama Ombrotérmico T° vs PP y Balance Hídrico.

El cuadro 2.1, muestra los datos meteorológicos registrados durante el período de la investigación, las condiciones climáticas, los promedios de temperatura.

Castillo (1999), señala que el mejor desarrollo de las plantas después del trasplante, se da a temperaturas de 18 °C a 25 °C y con un mínimo de 8 a 10 horas de sol al día. Tomando las especificaciones técnicas del cultivo, la cebolla se desarrolla en climas templados y cálidos y las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo están entre los 15 - 35 °C temperaturas por debajo de los 15 °C, los bulbos no desarrollan bien obteniéndose únicamente crecimiento de los tallos.

Castillo (1999), indica que la mayor sensibilidad a la duración del día se produce a los 45 - 50 días de la siembra. Para un buen desarrollo de las hojas se requiere de temperaturas de 20 - 23°C desde la siembra hasta los 55 - 60 días, mientras que para el desarrollo del bulbo requiere temperaturas medias de 27°C a partir de los 60 días.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

El terreno experimental corresponde al Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. La topografía del terreno es plana, con profundidad de 15 a 35 cm, que a la fecha de su extracción para muestreo del suelo se encontraba en descanso aproximadamente 6 meses y ocupado por el cultivo maíz morado en las campañas anteriores en el año 2010 - 2012. La vegetación de la zona comprende eucalipto, molle, tuna, maíz, papa, arveja, haba, hortalizas, alfalfa, etc. El mencionado terreno experimental fue

muestreado a una profundidad de 20 cm, para obtener una muestra representativa, la que se llevó para su análisis correspondiente físico – químico al Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH.

Cuadro 2.2 Análisis químico de suelo del Centro Experimental Canaán.

Análisis mecánico (%)			clase textural	pH (H ₂ O)	C.E. (dS/m)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt. (%)	Elem. Disp. (ppm)	
arena	limo	arcilla							P	K
36.70	26.10	37.2	Fr - Ar	7.65	2.623	1.50	2.07	0.10	29.8	94.0

Fuente: Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH.

Los resultados del análisis químico del suelo indican que el suelo tiene pH (7.65) ligeramente alcalino. En cuanto a la salinidad (2.623 dS/m) normal. El contenido de materia orgánica (2.07 %) medio. Nitrógeno total (0.10 %) medio, fósforo disponible (29.8 ppm) alto, el contenido de potasio disponible (94.0 ppm) bajo.

2.4 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO.

Se utilizó la cebolla (*Allium cepa* L. var. Roja Arequipeña), con las siguientes características

Periodo vegetativo: Siembra - trasplante 40-45 días

Ciclo vegetativo : Trasplante – cosecha 150 – 180 días

Bulbos : Color: Rojo

Forma: Semi achatada

Tamaño: 65-95 mm de diámetro

Pungencia: media.

Tolerancias : Adaptabilidad tanto en climas fríos como cálidos.

2.5 FACTORES EN ESTUDIO, TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

2.5.1 Factores en estudio.

Como se evalúa el estado nutricional en cuanto a NPK del suelo mencionado, los factores considerados fueron: N, P y K; los mismos que se aplicaron vía abonamiento en el campo, de acuerdo a las técnicas del elemento faltante y presente (parcelas de omisión y de inclusión). El nivel de fertilización para el cultivo de cebolla fue de: 180-100-120 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O.

- a. Fuente nitrogenada: Se empleó la úrea el cual tiene una ley de 46% de N.
- b. Fuente de fósforo. Se utilizó superfosfato triple, con 46% de P₂O₅.
- c. Fuente de potasio. Se empleó cloruro de potasio con 60% de K₂O.

2.5.2 Tratamientos y diseño experimental.

Los tratamientos se diseñaron utilizando la parte factorial del Diseño 03 de Julio, para tres factores; la estructura de los tratamientos, y los niveles empleados en cada factor se indican en el (cuadro 3.3).

Cuadro 3.3 Tratamientos en el D3J; parte factorial (2^K ; $K = 3$).

Trat.	Nivel codificado			Niveles de abonamiento (kg.ha ⁻¹)			Descripción
	X ₁	X ₂	X ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
T1	-2	-2	-2	0	0	0	T
T2	2	-2	-2	180	0	0	+N
T3	-2	2	-2	0	100	0	+P
T4	2	2	-2	180	100	0	-K
T5	-2	-2	2	0	0	120	+K
T6	2	-2	2	180	0	120	-P
T7	-2	2	2	0	100	120	-N
T8	2	2	2	180	100	120	C

Los tratamientos así diseñados (según el Diseño 03 Julio) se han distribuido de acuerdo al diseño completamente al azar (DCA). Cada tratamiento se repitió tres veces, de manera que el experimento contó con 24 unidades experimentales (en la parcela).

2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico consistió en realizar:

1. Análisis de variancia: Para determinar el efecto de cada tratamiento sobre la producción del cultivo, es decir la diferencia entre los tratamientos.
2. Prueba de Duncan (0.05): Para comparar los promedios de los tratamientos.
3. Análisis de regresión para determinar el modelo matemático de primer orden:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

De acuerdo a la metodología descrita por Tineo (2014), la pendiente

(coeficientes de los términos lineales: b_1 ; b_2 ; b_3) indica el grado de aporte de cada nutriente en el abonamiento.

2.7 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL:

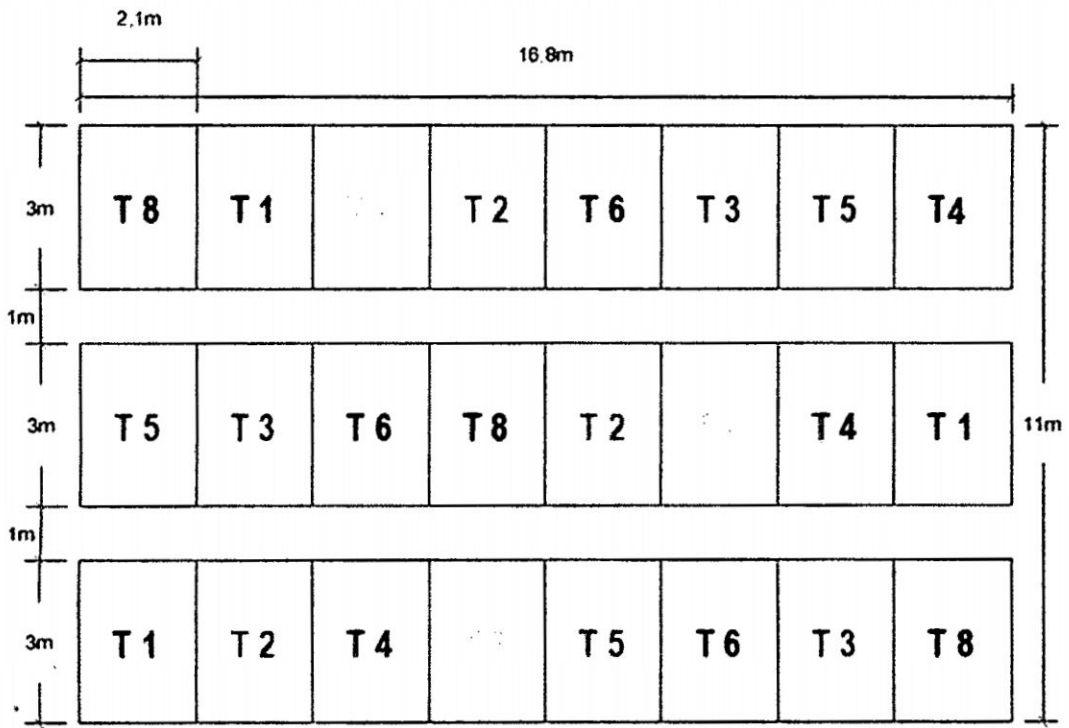
2.7.1 Características del campo experimental.

- Largo del campo experimental----- 116.8 m
- Ancho del campo experimental----- 11.0 m
- Largo de bloque----- 16.8m
- Ancho del bloque----- 3.0 m
- Área del bloque----- 50.4 m²
- Distancia entre bloques (calles)----- 1.0 m
- Número de parcelas por bloque----- 8.0
- Ancho de parcela----- 2.1m
- Largo de parcela----- 3.0 m
- Área de parcela----- 6.3 m²
- Área neta----- 184 8m²

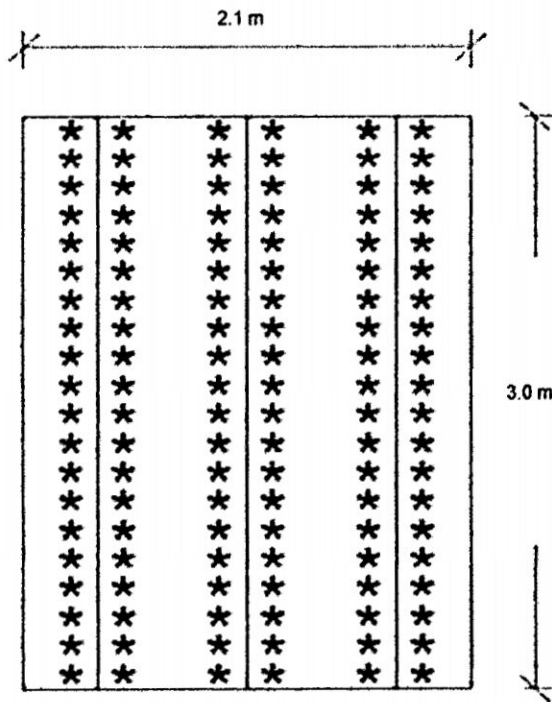
2.7.2 Características de la unidad experimental.

- Número de surcos por parcela----- 3.0
- Distancia entre surcos----- 0.7 m
- Distancia entre plantas----- 0.15m
- Número de plantas por surco----- 40.0

2.7.3 Croquis del campo experimental.



2.7.4 Croquis de la unidad experimental.



2.8 INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.

2.8.1 Semillero.

Se realizó la preparación de manera manual con zapapico desmenuzado y nivelado. Luego se depositó la semilla de cebolla en líneas separadas de 10 cm y la semilla se esparció a chorro continuo. El trasplante se realizó cuando las plantas tuvieron entre 10 y 15 cm de altura (45 días después de la siembra) y aún no se inicia la formación del bulbo.

2.8.2 Preparación del terreno.

La preparación del suelo consistió en las siguientes labores: Se realizó un acondicionamiento del suelo mediante un cruce de arado y una de rastra, se realizó el mullido y nivelación de manera manual. La profundidad del preparado del suelo fue de 20 - 25 cm de profundidad. Este trabajo fue efectuado el 03 de marzo de 2013, días previos al trasplante de las plántulas de cebollas.

2.8.3 Estacado, trazado y surcado.

La demarcación de las parcelas y bloques se realizó utilizando un cordel, huincha, estacas de madera e hilos de rafia. El trazado de los surcos se realizó con surcadora a una profundidad de 20 cm, distanciados a 0.70 m. Este trabajo fue efectuado el 05 de marzo de 2013.

2.8.4 Trasplante y resiembra.

Esta labor se efectuó en las parcelas diseñadas para favorecer el drenaje y manejo de limpieza de las malezas, con distancias entre plantas de 0,15 m y de 0,

70 m entre hileras. La resiembra consistió en reemplazar las plántulas que no se adaptaron al campo por otros, con la finalidad de mantener todo el campo cubierto, sin presencia de calvas; es decir, para evitar la presencia de vacíos en los surcos. Esta labor fue efectuada el 08 de marzo de 2013.

2.8.5 Fertilización.

La fórmula de abonamiento que se empleó, se calculó de acuerdo a la extracción del cultivo de cebolla. Las fuentes de fertilizantes fueron la úrea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Antes de proceder a la fertilización, se mezcló todo el fertilizante de forma homogénea. La mezcla de los fertilizantes se depositó entre las hileras de cebolla haciendo un surco superficial depositando en ello la mezcla homogénea de fertilizantes en tres momentos:

La primera a los 7 días después del trasplante, la segunda 30 días después de la primera fertilización, y la tercera a los 30 días después de la segunda fertilización.

- ❖ En la primera fertilización se aplicó $60-100-120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de (N - P_2O_5 - K_2O), este trabajo fue realizado el 15 de marzo de 2013
- ❖ En la segunda fertilización se aplicó $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, este trabajo fue realizado el 16 de abril de 2013.
- ❖ En la tercera fertilización se aplicó $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, este trabajo fue realizado el 16 de mayo de 2013.

Todo ello distribuido de acuerdo a las técnicas del elemento faltan y elemento presente el nivel de abonamiento fue de: $180-100-120$ de (N - P_2O_5 - K_2O) $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Cuadro 2.4. Estructura de tratamientos en el Diseño 03 Julio, para 3 factores.

Trat.	Nivel codificado			Niveles de abonamiento (kg.ha ⁻¹)			Nivel de abono/parcela (kg.parcela ⁻¹)			Desc.
	X1	X2	X3	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Urea	S.T.	KCl	
T1	-2	-2	-2	0	0	0	0	0	0	T
T2	2	-2	-2	180	0	0	0.246	0	0	+N
T3	-2	2	-2	0	100	0	0	0.137	0	+P
T4	2	2	-2	180	100	0	0.246	0.137	0	-K
T5	-2	-2	2	0	0	120	0	0	0.126	+K
T6	2	-2	2	180	0	120	0.246	0	0.126	-P
T7	-2	2	2	0	100	120	0	0.137	0.126	-N
T8	2	2	2	180	100	120	0.246	0.137	0.126	C

2.8.6 Riego.

Se realizó por gravedad, se aplicaron diez riegos durante todo el ciclo del cultivo considerando las condiciones ambientales.

2.8.7 Control de maleza.

El control de malezas, se realizó de manera manual con azadón para evitar la competencia de malezas con el cultivo y se efectuó en tres etapas, la primera se realizó el 14 de abril de 2013, días antes a la segunda fertilización, la segunda el 14 de mayo de 2014, días antes a la tercera fertilización, y la tercera el 14 de junio de 2014.

2.8.8 Control fitosanitario.

El control fitosanitario en los almácigos se realizó cada 10 a 12 días, y

principalmente se orientó hacia el control del trips en el campo definitivo. Las aplicaciones se realizaron generalmente cada 12 a 15 días, el control es a base de Perfekthion (300 cc/200 l), Lannate (200 g/200 l de agua). En enfermedades se presentaron desde un inicio el *Mildiu*, *Fusarium sp*, *Botritis*, y *Alternaria*; por lo que, el control se realizó con Ridomil.

2.8.9 Cosecha.

La cosecha se realizó de forma manual arrancando las cebollas del tallo a los 150 a 152 días después de realizado el trasplante. El período de cosecha se realizó, del 8 al 10 de agosto de 2013. En esta etapa existen muchos problemas de calidad de la cebolla por los distintos tratamientos aplicados, como también por el ataque de enfermedades en las hojas y bulbos.

2.9 VARIABLES DE EVALUACIÓN.

2.9.1 Altura de la planta.

Este parámetro se evaluó con una regla calibrada en cm. Al momento de la cosecha. En 15 plantas elegidas al azar dentro del área útil de cada parcela experimental, se midió la longitud desde la base del tallo hasta el ápice superior de la planta.

2.9.2 Peso de la planta.

Este parámetro se evaluó con balanza electrónica para su mayor confiabilidad. Para esto se registró gramos/planta. En 15 plantas tomadas al azar del área útil de cada parcela experimental al momento de la cosecha.

2.9.3 Diámetro ecuatorial del bulbo.

Este parámetro se evaluó en centímetros con calibrador vernier, para esto se registró el diámetro ecuatorial. En 15 plantas tomadas al azar del área útil de cada parcela experimental al momento de la cosecha.

2.9.4 Peso del bulbo.

Este parámetro se evaluó con balanza electrónica para su mayor confiabilidad. Para esto se registró gramos/bulbo. En 15 plantas tomadas al azar del área útil de cada parcela experimental al momento de la cosecha.

2.9.5 Peso de la parte foliar.

Este parámetro se evaluó con balanza electrónica para su mayor confiabilidad. Para esto se registró gramos/de parte foliar. Se pesó de la base del tallo hasta el ápice superior de la planta. En 15 plantas tomadas al azar del área útil de cada parcela experimental al momento de la cosecha.

2.9.6 Rendimiento de los bulbos de la cebolla.

Este parámetro se evaluó con balanza electrónica para su mayor confiabilidad. Cosechando los bulbos de la cebolla. En cada parcela experimental y transformada a t.ha⁻¹.

2.9.7 Rentabilidad económica.

Para el análisis económico se utilizó la relación Beneficio - Costo (B/C) en base a los costos de producción para cada tratamiento en estudio y el valor bruto de la producción. El índice de rentabilidad de los tratamientos se calculó con la siguiente fórmula: **I.R = (Utilidad neta / Costo total) x 100.**

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RENDIMIENTO DE CEBOLLA EN CANAÁN.

El cuadro 3.1 de análisis de variancia (ANVA) indica diferencia estadística entre los tratamientos; el coeficiente de variabilidad de 9.38 % indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente. Según la prueba de Duncan (cuadro 3.2) el tratamiento T8 (C: completo) alcanzó el mayor rendimiento (37.922 t.ha⁻¹), sin diferencia estadística con el tratamiento T6 (-P: sin fósforo), que alcanzó un rendimiento (36.956 t.ha⁻¹), seguido de los tratamientos T4 y T2 que llegaron a obtener un rendimiento 27.293 t.ha⁻¹ y 26.734 t.ha⁻¹, respectivamente. El rendimiento más bajo (10.650 t.ha⁻¹) corresponde al T3 (+P) sin diferencia estadística con los tratamientos T5 (+K), T7 (-N), y T1 (T).

Cuadro 3.1. ANVA del rendimiento de bulbos de cebolla.

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	7	2683.519417	383.359917	86.94	<.0001**
Bloque	2	5.895096	2.947548	0.67	0.5281ns
Error	14	61.730402	4.409314		
Total	23	2751.144916			

C.V= 9.38%

A partir de estos resultados se puede deducir que el aporte de K o P con respecto al testigo no contribuyen significativamente en el incremento del rendimiento del bulbo de la cebolla (según la técnica de las parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de P con respecto al completo no perjudica significativamente el incremento de rendimiento del bulbo de la cebolla (según la técnica de las parcelas de omisión). En el caso del K su omisión (con respecto al completo) perjudica significativamente en el incremento del rendimiento del bulbo de la cebolla (según la técnica de las parcelas de omisión). En el caso del N, su omisión (con respecto al completo) perjudica notablemente el incremento del rendimiento del bulbo de la cebolla, o su inclusión (con respecto al testigo) resulta de mucha importancia en el incremento del rendimiento del bulbo de la cebolla.

Cuadro 3.2. Prueba de Duncan para el rendimiento de los bulbos de cebolla.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	(t.ha ¹)	Signif.
T8	180	100	120	C	37.922	a
T6	180	0	120	-P	36.956	a
T4	180	100	0	-K	27.293	b
T2	180	0	0	+N	26.734	b
T5	0	0	120	+K	14.544	c
T7	0	100	120	-N	14.061	c
T1	0	0	0	T	11.014	c
T3	0	100	0	+P	10.650	c

Los tratamientos T8 y T6 que muestran elevados valores, han sido aquellos en las cuales se ha incorporado NPK y NK. En el caso de T6 la respuesta positiva puede ser por la alta concentración de fósforo en el suelo. Esta es una de las mejores evidencias que permite afirmar que el NPK tiene una participación importante en el crecimiento y desarrollo de la planta, tal es así que FAO (2002), si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno sólo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes necesarios, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o más aún triplicarse.

Cuadro 3.3 Coeficientes de regresión polinomial para el rendimiento de cebolla.

Parámetro	valor est.	Est. Estándar	Valor T	Pr > T
Intercepto	11.07929167	1.07796787	10.28	<.0001 **
N	0.08660787	0.00784106	11.05	<.0001 **
P ₂ O ₅	-0.00494917	0.01411391	-0.35	0.7302 ns
K ₂ O	0.02832292	0.01176159	2.41	0.0277 ns
N.P ₂ O ₅	0.00006584	0.00009054	0.73	0.4770 ns
N.K ₂ O	0.00032197	0.00007545	4.27	0.0005 **
P ₂ O ₅ .K ₂ O	0.00001199	0.00013581	0.09	0.9307 ns

Este análisis cuadro 3.3 indica que existe respuesta al abonamiento nitrogenado y así como la interacción y nitrógeno-potasio; no se encontró respuesta al efecto del fósforo, potasio y la interacción, nitrógeno-fósforo, fósforo-potasio. Estos resultados dan a entender que la inclusión del nitrógeno, de forma independiente, es el determinante en el incremento de rendimiento de la cebolla Roja Arequipeña, en tanto la inclusión del fósforo y potasio no influyen en la mejora del rendimiento de la cebolla Roja Arequipeña.

Este modelo matemático permite plantear fórmulas de abonamiento para el cultivo de la cebolla en la localidad de Canaán.

$$Y = 11.07929167 + 0.08660787N - 0.00494917P_2O_5 + 0.02832292K_2O + 0.00006584 N.P_2O_5 + 0.00032197N.K_2O + 0.00001199 P_2O_5.K_2O$$

Sus gráficos correspondientes, son los siguientes:

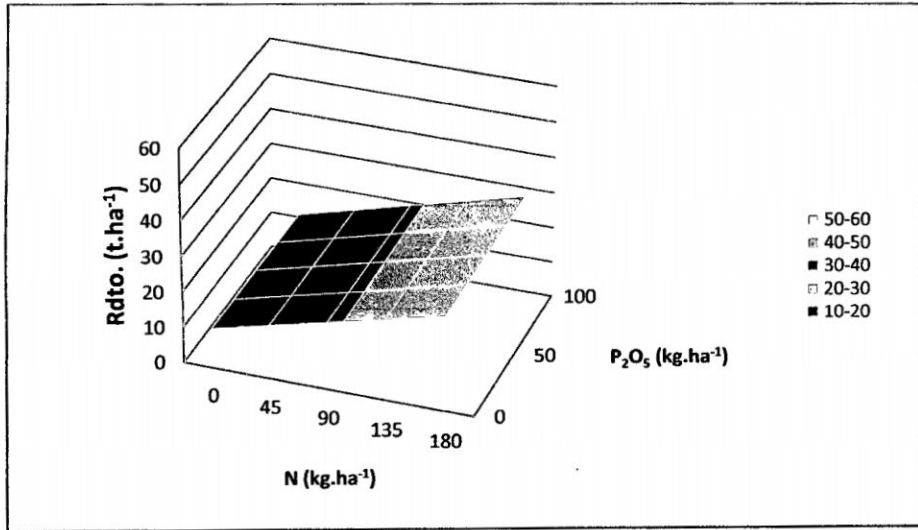


Figura 3.1 Superficie de respuesta de interacción de NP.

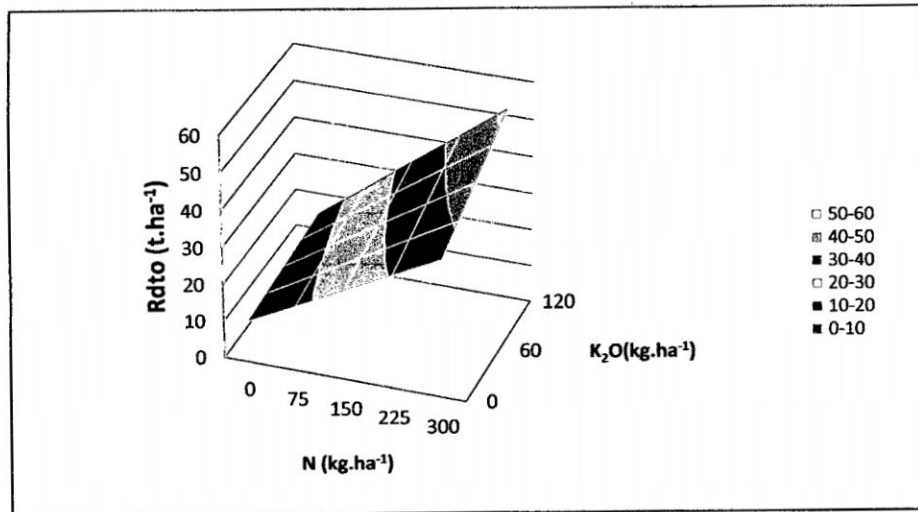


Figura 3.2 Superficie de respuesta de interacción de NK.

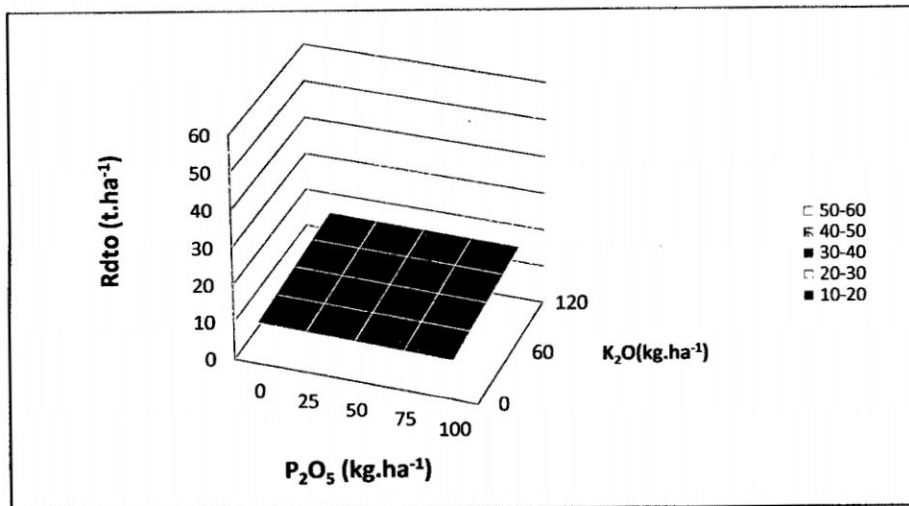


Figura 3.3 Superficie de respuesta de interacción de PK.

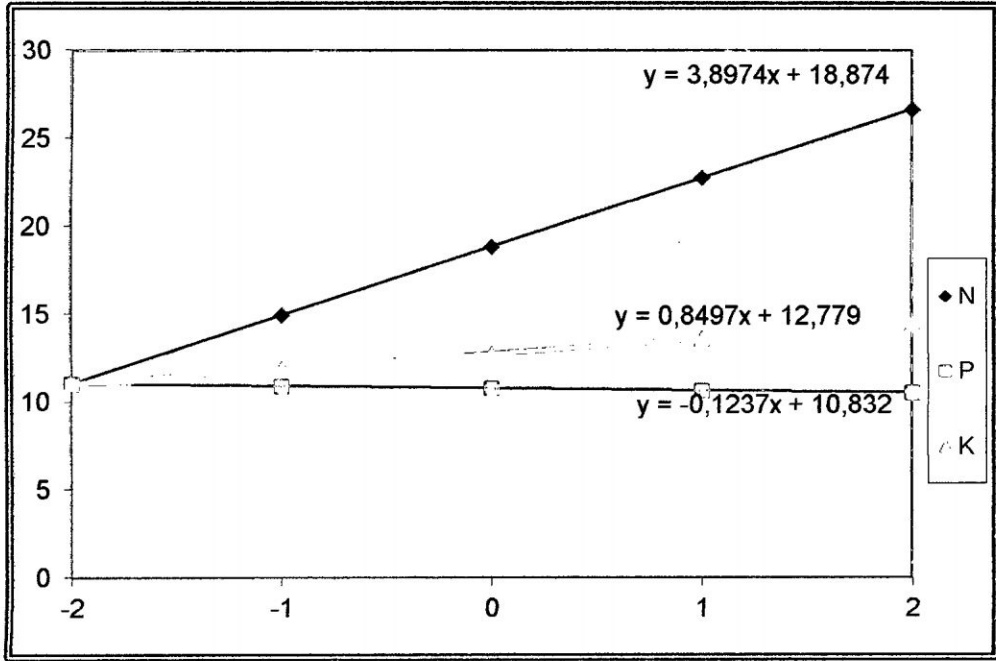


Figura 3.4 Influencia de N, P y K, en el rendimiento de la cebolla cuando los otros dos factores están ausentes.

Los valores de la pendiente en la figura 3.4 (Influencia de dosis crecientes de N, P y K, en el rendimiento de la cebolla, en ausencia de los otros dos nutrientes), correspondientes a la localidad de Canaán, indican que la respuesta del cultivo de cebolla al abonamiento con dosis crecientes de N es mayor, que la respuesta del cultivo a dosis crecientes de K; en el caso de P la respuesta es negativa. La respuesta negativa del P podría deberse al desequilibrio de balance nutricional. Al respecto, FAO (2002), manifiesta que “El balance nutricional es un concepto vital en la fertilidad del suelo y en la producción de los cultivos”.

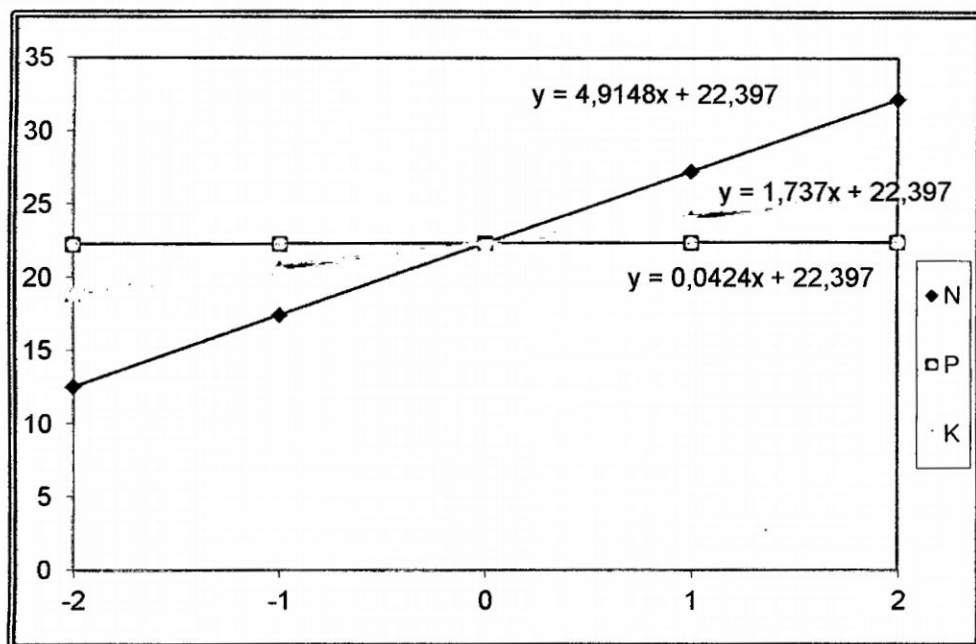


Figura 3.5 Influencia de N, P, K en el rendimiento de la cebolla, cuando los otros dos factores están en su nivel medio.

Los valores de la pendiente en la figura 3.5 están influenciados por los otros dos nutrientes que están en su nivel medio NP, NK, KP, la mayor pendiente indica la mejor respuesta al abonamiento nitrogenado, cuando están en su nivel medio KP, seguido de K que mejora cuando están en su nivel medio NP, esto significa que el K responde mejor en la presencia de N y P, en el caso de P no se observa una respuesta notoria, cuando están en su nivel medio NK, esto quiere decir que no mejora el P en presencia de NK.

3.1.1 Rendimientos relativos (Rr) de bulbos de la cebolla.

Con respecto a la técnica de las parcelas de omisión el Rr más bajo es 37,079%, corresponde al tratamiento sin nitrógeno (-N), seguido por el sin potasio (-K) con un Rr de 71,971%, y luego el sin fósforo (-P) con un Rr de 97,455%.

Con respecto a la técnica de las parcelas de inclusión, el Rr más alto 242,727% corresponde al tratamiento con nitrógeno (+N), seguido por el tratamiento con potasio (+K) con un Rr de 132,050%; correspondiendo el Rr más bajo al tratamiento con fósforo (+P), con apenas 96,695%.

Cuadro 3.4 Rendimientos de bulbos de cebolla ($t\cdot ha^{-1}$) y rendimientos relativos (%) para las técnicas del elemento faltante y elemento presente.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B I	B II	B III	Prom.	Rr (%)
T1 (T)	0	0	0	10.286	11.022	11.733	11.014	100,000
T2 (+N)	180	0	0	25.117	28.356	26.730	26.734	242,727
T3 (+P)	0	100	0	9.892	10.629	11.429	10.650	96,695
T4 (-K)	180	100	0	26.121	28.737	27.022	27.293	71,971
T5 (+K)	0	0	120	16.190	14.311	13.130	14.544	132,050
T6 (-P)	180	0	120	41.117	34.235	35.517	36.957	97,455
T7 (-N)	0	100	120	13.092	15.860	13.232	14.061	37,079
T8 (C)	180	100	120	41.270	37.549	34.946	37.922	100,000

Los suelos cuyo contenido de un elemento estén por debajo de su nivel crítico, tienen alta probabilidad de respuesta al abonamiento con dicho elemento; mientras que aquellos suelos con contenidos superiores al valor crítico, la probabilidad de respuesta es mínima (Cate y Nelson, citados por Ibáñez y Aguirre, 1983)

3.1.2 Cálculo para la fórmula de abonamiento.

Cuadro 3.5 muestran los requerimientos de NPK para el cultivo de cebolla. El cálculo de la fórmula de abonamiento correspondiente para este lugar se realizó en base a los resultados de campo con la técnica de las parcelas de omisión, considerando una extracción media de 3.3-0.9-2.7 kg de N-P₂O₅-K₂O por cada tonelada de Cebolla Roja Arequipeña cosechada (Palacios et al, 2005).

Cuadro 3.5 Fórmula de abonamiento para Cebolla en Canaán.

Trat.	Rdto.	Dif	Comp.	PAU	FC	FR
-N	14.06	23.86	78.74	50	157.48	160
-P	36.96	0.97	0.87	20	4.34	20
-K	27.29	10.63	28.70	60	47.83	50
C	37.92	fórmula recomendada 160 - 20 - 50 (kg.ha⁻¹)				

»Ver los cálculos en el anexo.

3.2. ALTURA DE LA PLANTA.

En el cuadro 3.6 de análisis de variancia (ANVA) indica diferencia estadística entre tratamientos; el coeficiente de variabilidad de 7.50% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente. Según la prueba de Duncan (cuadro 3.7) el tratamiento T8 (C: completo) alcanzó la mayor altura (78.485cm), sin diferencia estadística con los tratamientos T6 (-P), T4, (-K) y T2 (+N), que alcanzaron una altura de (77.800cm, 72.487cm; 71.749 cm). La altura más baja (59.240cm) corresponde al tratamiento T3 (+P) sin diferencia estadística con los tratamientos T5 (+K), T7 (-N), y T1 (T).

Cuadro 3.6 ANVA de altura de la planta de Cebolla.

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	7	1234.567446	176.366778	6.72	0.0013**
Bloque	2	79.889933	39.944967	1.52	0.2525 ns
Error	14	367.679729	26.262838		
Total	23	1682.137108			

C.V= 7.50%

Estos resultados sugieren que el aporte de K o P con respecto al testigo no contribuyen significativamente en el incremento del tamaño en la planta de la cebolla (según la técnica de las parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de P o K (con respecto al completo) no producen ningún perjuicio significativo en la altura de la planta de la cebolla (según la técnica de las parcelas de omisión). En el caso del N, su omisión (con respecto al completo) perjudica notablemente el rendimiento del cultivo, o su inclusión (con respecto al testigo) resulta de mucha importancia en el incremento de la altura en la planta de cebolla.

Cuadro 3.7 Prueba de Duncan para la altura de la planta de Cebolla.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	Altura (cm)	Signif.
T8	180	100	120	C	78.485	a
T6	180	0	120	-P	77.800	a
T4	180	100	0	-K	72.487	a b
T2	180	0	0	+N	71.749	a b
T5	0	0	120	+K	63.531	b c
T7	0	100	120	-N	61.822	c
T1	0	0	0	T	60.980	c
T3	0	100	0	+P	59.240	c

Los tratamientos que muestran elevados valores, han sido aquellos en los cuales se ha incorporado el nitrógeno, demostrándose su influencia positiva en los tratamientos diversos. Ésta es una de las mejores evidencias que permite afirmar que el nitrógeno tiene una participación importante en el crecimiento y desarrollo de la planta, tal es así que FAO (2002), el nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

Tisdale (1995), afirma que el nitrógeno es el factor esencial de crecimiento y de los rendimientos; ejerce una acción de choque sobre la vegetación; una planta bien provista de N adquiere un gran desarrollo de las hojas y de los tallos, toma un color verde oscuro debido a la abundancia de clorofila. Buckman y Brady (1993), mencionan que exceptuando al nitrógeno, ningún elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas.

3.3. DIÁMETRO ECUATORIAL DEL BULBO.

En el cuadro 3.8 de análisis de variancia (ANVA) indica diferencia estadística entre tratamientos; el coeficiente de variabilidad de 8.17% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente, según la prueba de Duncan (cuadro 3.9) el tratamiento T8 (C: completo) alcanzó el mayor diámetro ecuatorial (6.0230cm), sin diferencia estadística con el tratamiento T6 (-P: sin fósforo), que alcanzó un diámetro ecuatorial (5.8803cm). Seguido de los tratamientos T4 y T2

que llegan a obtener un diámetro ecuatorial de 4.7743cm y 4.7177cm, respectivamente. El diámetro más bajo (2.8880cm) corresponde al T3 (+P) sin diferencia estadística con los tratamientos T5 (+K), T7 (-N), y T1 (T).

Cuadro 3.8 ANVA del diámetro ecuatorial del bulbo de cebolla.

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	7	37.99491250	5.42784464	46.82	<.0001**
Bloque	2	0.77277808	0.38638904	3.33	0.0655 ns
Error	14	1.62313925	0.11593852		
Total	23	40.39082983			

C.V= 8.17%

A partir de estos resultados se puede deducir que el aporte de K o P con respecto al testigo no contribuyen significativamente en el incremento del diámetro ecuatorial de la cebolla (según la técnica de las parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de P con respecto al testigo no perjudica significativamente el desarrollo del diámetro ecuatorial del bulbo (según la técnica de las parcelas de omisión). En caso del K su omisión (con respecto al completo) perjudica significativamente el desarrollo del diámetro ecuatorial del bulbo (según la técnica de las parcelas de omisión). En el caso del N, su omisión (con respecto al completo) perjudica notablemente el desarrollo del diámetro ecuatorial del bulbo, o su inclusión (con respecto al testigo) resulta de mucha importancia en el desarrollo del diámetro ecuatorial del bulbo de cebolla.

Cuadro 3.9 Prueba de Duncan para el diámetro ecuatorial del bulbo de la cebolla.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	Diamet. (cm)	Signif.
T8	180	100	120	C	6.0230	a
T6	180	0	120	-P	5.8803	a
T4	180	100	0	-K	4.7743	b
T2	180	0	0	+N	4.7177	b
T5	0	0	120	+K	3.1080	c
T7	0	100	120	-N	3.0077	c
T1	0	0	0	T	2.9377	c
T3	0	100	0	+P	2.8880	c

Los tratamientos T8 y T6 muestran elevados valores, han sido aquellos en las cuales se ha incorporado NPK y NK. En el caso de T6 la respuesta positiva puede ser por la alta concentración de fósforo en el suelo. FAO (2002), afirma tal preferencia desequilibrada o sesgada puede ser justificada en suelos ricos en fosfato, potasio y todos los otros elementos secundarios y los micronutrientes necesarios en una forma disponible para las plantas. Sin embargo, los rendimientos más altos tomarán mayores cantidades de los otros nutrientes (principalmente fósforo y potasio) del suelo. De este modo, los rendimientos crecientes a través de aplicaciones de nitrógeno solamente agotan los suelos de los otros nutrientes. De allí que sea necesaria la fertilización equilibrada para un uso óptimo del fertilizante. Las plantas son como las personas: una dieta equilibrada es necesaria y no es suficiente comer excesivamente de una clase de alimento. Si la dieta es desequilibrada, los seres humanos eventualmente se enferman. Lo mismo les ocurre a las plantas. Más aún, las plantas no pueden moverse para buscar los nutrientes que les faltan.

3.4. PESO DE LA PLANTA DE CEBOLLA.

En el cuadro 3.10 de análisis de variancia (ANVA) indica diferencia estadística entre tratamientos; el coeficiente de variabilidad de 7.60% indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente. Según la prueba de Duncan (cuadro 3.11) el tratamiento T8 (C: completo) alcanzó el mayor peso (373.53g), sin diferencia estadística con el tratamiento T6 (-P: sin fósforo), que alcanzó un peso de (366.89g). Seguido de los tratamientos T4 (-K) y T2 (+N) que llegaron a obtenerse un peso de 280.53g y 276.80g, respectivamente. El peso más bajo de (126.76g) corresponde al T3 (+P). Sin diferencia estadística con los tratamientos T5 (+K), T7 (-N), y T1 (T)

Cuadro 3.10 ANVA del Peso de la planta de cebolla.

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	7	232891.5149	33270.2164	107.20	<.0001**
Bloque	2	41.5915	20.7958	0.07	0.9355ns
Error	14	4344.9114	310.3508		
Total	23	237278.0178			

$$C.V = 7.60\%$$

A partir de estos resultados se puede deducir que el aporte de K o P (con respecto al testigo) no contribuyen significativamente en el incremento del peso de la planta en la cebolla (según la técnica de las parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de P (con respecto al completo) no perjudica significativamente en el incremento del peso de la planta de la cebolla (según la técnica de las parcelas de

omisión). En caso del K su omisión (con respecto al completo) perjudica significativamente en el incremento del peso de la planta de la cebolla (según la técnica de las parcelas de omisión). En el caso del N, su omisión (con respecto al completo) perjudica notablemente en el incremento del peso de la planta de la cebolla, o su inclusión (con respecto al testigo) resulta de mucha importancia en el incremento del peso de la planta de la cebolla.

Cuadro 3.11 Prueba de Duncan para el peso de la planta de cebolla.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	Altura (g)	Signif.
T8	180	100	120	C	373.53	a
T6	180	0	120	-P	366.89	a
T4	180	100	0	-K	280.53	b
T2	180	0	0	+N	276.80	b
T5	0	0	120	+K	152.04	c
T7	0	100	120	-N	147.60	c
T1	0	0	0	T	129.78	c
T3	0	100	0	+P	126.76	c

El rendimiento de la cebolla está en relación directa con el proceso de la fotosíntesis. FAO (2002), un suministro suficiente de nutrientes es importante para un funcionamiento correcto del proceso de la fotosíntesis. Esto se debe al hecho de que si uno de los nutrientes del suelo no está presente, la fotosíntesis se retrasa. Si el nutriente está presente, pero en cantidad insuficiente, la planta desarrolla signos de carencia (los síntomas de deficiencia), como nosotros, cuando no logramos alimentarnos correctamente. El crecimiento de una planta depende de un suministro suficiente de cada nutriente, y el rendimiento está limitado por los nutrientes que son restringidos (factor mínimo limitativo del rendimiento).

3.5. PESO DEL BULBO DE CEBOLLA.

En el cuadro 3.12 de análisis de variancia (ANVA) indica diferencia estadística entre tratamientos; el coeficiente de variabilidad de 9.38 % indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente. Según la prueba de Duncan (cuadro 3.13) el tratamiento T8 (C: completo) alcanzó el mayor peso de bulbo (199.089g), sin diferencia estadística con el tratamiento T6 (-P: sin fósforo), que alcanzó un peso de bulbo de (194.022g). Seguido de los tratamientos T4 (-K) y T2 (+N) que llegan a obtener un peso de bulbo de 143.289g y 140.358g, respectivamente. El peso más bajo de bulbos es (55.910g) corresponde al T3 (+P) sin diferencia estadística con los tratamientos T5 (+K), T7 (-N), y T1 (T).

Cuadro 3.12 ANVA del peso del bulbo de la cebolla.

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	7	73965.77755	10566.53965	86.91	<.0001**
Bloque	2	162.47302	81.23651	0.67	0.5282 ns
Error	14	1702.05113	121.57508		
Total	23	75830.30170			

$$C.V= 9.38\%$$

A partir de estos resultados se puede deducir la inclusión de K o P con respecto al testigo no contribuyen significativamente en el incremento del peso del bulbo de la cebolla (según la técnica de las parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de P (con respecto al completo) no perjudica significativamente en el incremento del peso de bulbo de cebolla (según la técnica de las parcelas de omisión). En caso

del K su omisión (con respecto al completo) perjudica significativamente en el incremento del peso del bulbo de la cebolla (según la técnica de las parcelas de omisión). En el caso del N, su omisión (con respecto al completo) perjudica notablemente en el incremento del peso del bulbo de la cebolla, o su inclusión (con respecto al testigo) resulta de mucha importancia en el incremento del peso del bulbo de la cebolla.

Cuadro 3.13 Prueba de Duncan para el peso de bulbo de cebolla.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	Altura (g)	Signif.
T8	180	100	120	C	199.089	a
T6	180	0	120	-P	194.022	a
T4	180	100	0	-K	143.289	b
T2	180	0	0	+N	140.358	b
T5	0	0	120	+K	76.354	c
T7	0	100	120	-N	73.822	c
T1	0	0	0	T	57.823	c
T3	0	100	0	+P	55.910	c

Los tratamientos que muestran elevados valores, han sido aquellos en las cuales se incorporaron el nitrógeno. Brewster (2001), indica tanto el exceso como la deficiencia de N puede provocar o no la formación de bulbos, principalmente cuando el nitrógeno es aplicado en la fase de crecimiento del bulbo iniciado a partir de los 60 a 75 días después de la siembra.

Devlin (1970), menciona que cuando las plantas soportan deficiencias de N, el vegetal sufre la inhibición de su capacidad de asimilación de formación de carbohidratos, ello conduce a una deficiente y prematura floración y fructificación y, como consecuencia, el periodo vegetativo se acorta. De los resultados

observados se podría mencionar que la aplicación del nitrógeno y el potasio dan mejores resultados con respecto a la formación del bulbo.

3.6. PESO DE LA PARTE AÉREA DE CEBOLLA.

En el cuadro 3.14 de análisis de variancia (ANVA) indica diferencia estadística entre tratamientos; el coeficiente de variabilidad de 7.14 % indica que el experimento ha sido conducido adecuadamente. Según la prueba de Duncan (cuadro 3.15) el tratamiento T8 (C: completo) alcanzó el mayor peso de la parte aérea (174.421g), sin diferencia estadística con el tratamiento T6 (-P), que alcanzó un peso de la parte aérea (172.800g). Seguido de los tratamientos T4 (-K) y T2 (+N) que llegan a obtener un peso de la parte aérea de 137.199g y 136.466g, respectivamente. El peso más bajo de la parte aérea es (70.977g) corresponde al T3 (+P) sin diferencia estadística con los tratamientos T5 (+K), T7 (-N), y T1 (T).

Cuadro 3.14 ANVA del Peso de la parte aérea de cebolla.

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	7	44575.44703	6367.92100	95.97	<.0001**
Bloque	2	239.05932	119.52966	1.80	0.2013ns
Error	14	928.99246	66.35660		
Total	23	45743.49881			

C.V= 7.14%

A partir de estos resultados se puede deducir la inclusión de K o P con respecto al testigo no contribuyen significativamente en el incremento del peso de la parte aérea de la cebolla (según la técnica de las parcelas de inclusión);

asimismo, la omisión de P (con respecto al completo) no perjudica significativamente en el incremento del peso de la parte aérea de la cebolla (según la técnica de las parcelas de omisión). En caso del K su omisión (con respecto al completo) perjudica significativamente en el incremento del peso de la parte aérea de la cebolla. En el caso del N, su omisión (con respecto al completo) perjudica notablemente en el incremento del peso de la parte aérea de la cebolla, o su inclusión (con respecto al testigo) resulta de mucha importancia en el incremento del peso de la parte aérea de la cebolla.

Cuadro 3.15 Prueba de Duncan para el peso de la parte aérea de cebolla.

Trat.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Descrip.	Peso (g)	Signif.
T8	180	100	120	C	174.421	a
T6	180	0	120	-P	172.800	a
T4	180	100	0	-K	137.199	b
T2	180	0	0	+N	136.466	b
T5	0	0	120	+K	75.757	c
T7	0	100	120	-N	73.623	c
T1	0	0	0	T	72.002	c
T3	0	100	0	+P	70.977	c

De estas comparaciones se desprende que todo los tratamientos que muestran elevados valores, han sido aquellos en las cuales se incorporaron el nitrógeno. FAO (2002), un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

Tisdale (1985), afirma que el nitrógeno es el factor esencial de crecimiento y de los rendimientos; ejerce una acción de choque sobre la vegetación; una planta bien provista de N adquiere un gran desarrollo de las hojas y de los tallos, toma un

color verde oscuro debido a la abundancia de clorofila.

3.7. RENTABILIDAD ECONÓMICA.

Para el análisis económico se utilizó la relación Beneficio - Costo (B/C) en base a los costos de producción para cada tratamiento en estudio. El índice de rentabilidad de los tratamientos se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{I.R} = (\text{Utilidad neta} / \text{Costo de producción}) \times 100$$

En el cuadro 3.16 se presentan los resultados concernientes a la rentabilidad económica en el cultivo de la cebolla producida en Canaán. Los cálculos se determinaron en base a los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos. Con respecto al rendimiento del bulbo en la cebolla, se tomaron cosechando cada unidad experimental transformada a $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para todos los tratamientos.

Cuadro 3.16 Rentabilidad económica para el cultivo de cebolla.

Trat.	Rendt. $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	Costo cebolla (kg)	Costos de Producción S/.	Utilidad Bruta S/.	Utilidad Neta S/.	Índice de Rentabilidad (%)
T1 (T)	11014	0.30	8384.00	3304.20	-5079.80	-60.59
T2 (+N)	26734	0.50	9740.80	13367.00	3626.20	37.23
T3 (+P)	10650	0.30	9113.34	3195.00	-5918.34	-64.94
T4 (-K)	27293	0.50	10342.14	13646.50	3304.36	31.95
T5 (+K)	14544	0.30	9024.00	4363.20	-4660.80	-51.65
T6 (-P)	36956	0.70	10252.80	25869.20	15616.40	152.31
T7 (-N)	14061	0.30	9625.34	4218.30	-5407.04	-56.18
T8 (C)	37922	0.70	10854.14	26545.40	15691.26	144.56

De los resultados obtenidos, cuyos valores se presentan en el (cuadro 3.16), se determina que el tratamiento T6 (-P) resulta ser el que presenta una mayor rentabilidad con 152.31%, es decir que del 100% de inversión realizada habrá un retorno de 152.31% adicional, a comparación del tratamiento T8 (C) que presenta una rentabilidad de 144.56%. Los tratamiento T2 (+N), T4 (-K) presentan una rentabilidad de 37.23%, 31.95%, respectivamente; sin embargo, los tratamientos T1 (T), T3 (+P), T5 (+K) y T7 (-N) resultan ser los más bajos en cuanto a rentabilidad se refiere, logando alcanzar -60.59%, -64.94%, -51.65, -56.18, respectivamente, considerándose estos tratamientos como las que causan un perjuicio económico.

De acuerdo a este resultado se recomienda la aplicación de NK, y la omisión del fósforo (-P) en los campos de cultivo de Canaán debido al rendimiento y a la rentabilidad obtenida al final de la producción.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados, permiten arribar a las siguientes conclusiones:

4.1. CONCLUSIONES.

1. La técnica del elemento faltante permitió determinar que la omisión del fósforo (-P), no afecta en la obtención de mejores resultados en el cultivo de cebolla (con respecto al tratamiento completo). Con respecto al potasio, su omisión (-K), perjudica medianamente el rendimiento del cultivo. En el caso de nitrógeno, su omisión (-N), perjudica significativamente el rendimiento del cultivo de cebolla.
2. La técnica del elemento presente permitió determinar que la inclusión de P o K no contribuyen significativamente en el rendimiento del cultivo de la cebolla. (con respecto al tratamiento testigo). En el caso de nitrógeno (+N) su inclusión resulta de gran importancia en el rendimiento del cultivo.

3. La influencia del nitrógeno (X1), fósforo (X2) y potasio (X3) en el rendimiento de bulbo de la cebolla (t.ha⁻¹), en Canaán, obedece al modelo polinomial:

$$Y = 11.07929167 + 0.08660787N - 0.00494917P_2O_5 + 0.02832292K_2O + 0.00006584N.P_2O_5 + 0.00032197N.K_2O + 0.00001199P_2O_5.K_2O.$$

4. Para un rendimiento de 37.922 t.ha⁻¹, en las condiciones de Canaán, se recomienda abonar con 160-20-50 kg(N-P₂O₅-K₂O).ha⁻¹
5. Se ha determinado que el tratamiento T6 (-P) donde se ha omitido el fósforo resulta el que presenta una mayor rentabilidad con 152.31%, es decir que del 100% de inversión realizada habrá un retorno de 152.31% adicional
6. Las técnicas del elemento faltante y elemento presente son herramientas adecuadas para el diagnóstico de la fertilidad del suelo; bajos contenidos de un nutriente en el suelo, están asociados a bajos Rr con la técnica del elemento faltante, o altos Rr con la técnica del elemento presente.

4.2. RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda realizar más investigaciones, en suelos con diferentes características: físicas, químicas y biológicas, con la finalidad de conocer mejor la utilidad de la técnica del elemento faltante y presente, para optimizar los fertilizantes en el rendimiento de los cultivos.
2. Para condiciones de Canaán, se recomienda abonar la cebolla Roja Arequipeña con 160-20-50 kg(N-P₂O₅-K₂O), para obtener un rendimiento de 37.922 t.ha⁻¹.

RESUMEN

Con la finalidad de determinar la dosis óptima de NPK para el cultivo de Cebolla (*Allium cepa* L. var .Roja Arequipeña) en Canaán, se realizó el presente trabajo en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Se utilizó la técnica del elemento faltante y elemento presente. Los tratamientos se distribuyeron en el diseño bloque completamente al azar (DBCA). Cada tratamiento se repitió tres veces, de manera que el experimento contó con 24 unidades experimentales (8 unidades por bloque). Como fuentes de N, P y K se utilizaron urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Se evaluó el rendimiento del cultivo de cebolla. Los rendimientos se llevaron a rendimientos relativos (%Rr) según las técnicas del elemento faltante y elemento presente. Luego de realizar los análisis estadísticos correspondientes, se concluye que: 1) La técnica del elemento faltante permitió determinar que la omisión del fósforo (-P), no afecta en la obtención de mejores resultados en el cultivo de la cebolla. En el caso de nitrógeno (-N) su omisión perjudica significativamente el rendimiento del cultivo; 2) La técnica del elemento presente permitió determinar que la inclusión de P o K no contribuyen significativamente en el rendimiento del cultivo de la cebolla. En el caso de nitrógeno (+N) su inclusión resulta de gran importancia en el rendimiento del cultivo; 3) bajos contenidos de un nutriente en el suelo, están asociados a bajos Rr con la técnica del elemento faltante, o altos Rr con la técnica del elemento presente; 4) la técnica del elemento faltante permitió estimar una fórmula de abonamiento a recomendar en el sitio específico, siendo así para el caso Canaán una fórmula de 160-20-50 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O para la obtener un rendimiento (37.922 t.ha⁻¹) de bulbo de cebolla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BLACK, C.A. 1975. Relaciones Suelo - Planta. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires 1ra edición. Tomo II.
2. BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica, San José, Universidad de Costa Rica. 86 p.
3. BREWSTER, J. 2001. Las Cebollas Y Otros Alliums. 1ra Edición. Editorial Acriba. Zaragoza. 266 p.
4. BUCKMAN, H.; BRADY, N. 1993. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial Limusa, S.A de C, V.
5. CASSERES, E. 1981. Producción de hortalizas. 3 ed. San José, C.R, IICA.
6. CASTILLO, H. 1999. Aspectos ecofisiológicos del cultivo de cebolla. In: Tapia, M. eds. Cultivo de la Cebolla. Santiago, Universidad de Chile.
7. CATE, R.B.y NELSON, L.A. citados por IBÁÑEZ, R.; AGUIRRE, G. 1983. Fertilidad de suelos: manual de prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, UNSCH, Ayacucho.
8. DEVLIN, R. 1970. Fisiología Vegetal. Edit. Omega S.A. Barcelona. Madrid. 614 p.
9. DOMÍNGUEZ, A. 1989. Tratado de Fertilización. Edit. Mundi Prensa. Madrid.
10. DONAHUE, R.L.; MILLER, R.W.; SHICKLUNA, J.C. 1981. Introducción a los Suelos y el crecimiento de las Plantas. Editorial Dossat, S.A.- España.
11. FAO. 2002. Los fertilizantes y su uso. Cuarta edición. Roma – Italia.
12. FASSBENDER, H.; BORNEMISZA, M. 1987. Química de suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. Edición. Editorial IICA. San José - Costa Rica.
13. HUNTER, A.; FITTS, J. 1974. "Economically sound Fertilizer recommendation based on soil analysis. Proc. Int. Symp. Soil Fert. Eval. (New Delhi).
14. INFOAGRO, 2014. El cultivo de la cebolla. En línea. Consultado 10 de mayo del 2014. Disponible en:
<http://www.infoagro.com/hortalizas/cebolla.htm>.

15. IPNI, 2012. Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, Metric Version, (T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, eds.), International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA.
16. JACKSON, M. 1976."Análisis químico de suelos". Trad. José Beltrán. Edit. Omega S.A. 3ra Edic. Barcelona.
17. JIMÉNEZ, J. 1983. Fertilidad de suelos. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 198 p.
18. LEÑANO, F. 1972. Como se cultiva las hortalizas de bulbo, raíz y tubérculo. Barcelona – España.
19. MAINARDI, E. 1980. Hortalizas de bulbo, raíz y tubérculos; cómo, dónde, cuándo. Barcelona– España.
20. MAROTO, J. 1983. Horticultura herbácea especial. Madrid, Mundi Prensa.
21. MILLAR, C.; HERNANDO, V. 1964. "Fertilidad del Suelo". Primera edición, Salvat Editores, S.A. Barcelona- Madrid.
22. MINAGRI, 2013. Ministerio de agricultura y riego, Principales Aspectos Agroeconómicos de la Cadena Productiva de Cebolla. 1ra Edición: centro de información Jr. Yauyos 262. Lima-Perú.
23. NICHU, S.P. 1993. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria Estación Experimental Donoso – Huaral, Cultivo de Cebolla Roja, 14 p.
24. PALACIOS, J.V.; AGUIRRE, G.; LA TORRE, B. 2005. Absorción periódica de nutrientes por el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) Roja Arequipeña bajo diferentes sistemas de fertilización en un entisol de la Costa Paramonga. Anales científicos UNALM, vol. XLII n° jul-set, 2005; pp 1-11. Edit. Agraria. Lima. Perú
25. PLASTER, E. 1997. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo.
26. POTASH; PHOSPHATE INSTITUTE, US. 1993. Manual de fertilidad de los suelos. Georgia, USA. 85 p.
27. RUSSELL, J.; RUSSELL, W. 1968. Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. Edit. Aguilar. Madrid. España.
28. SONNEMBERG, P.E. 1981. Olericultura especial; cultivo de alfaceo, alho, cebolla, censura, batata e tomate. 3 ed. Goiania, BR. Universidad Federal de Goiás.

ANEXO

Cuadro a1. Coeficientes del polinomio para el rendimiento de cebolla.

Parámetro	valor est.	Est. Estándar	Valor T	Pr > T
Intercepto	11.07929167	1.07796787	10.28	<.0001 **
N	0.08660787	0.00784106	11.05	<.0001 **
P ₂ O ₅	-0.00494917	0.01411391	-0.35	0.7302 ns
K ₂ O	0.02832292	0.01176159	2.41	0.0277 ns
N.P ₂ O ₅	0.00006584	0.00009054	0.73	0.4770 ns
N.K ₂ O	0.00032197	0.00007545	4.27	0.0005 **
P ₂ O ₅ .K ₂ O	0.00001199	0.00013581	0.09	0.9307 ns

A1 Procedimiento de Cálculo de abonamiento para cebolla de los resultados obtenidos de la “técnica del elemento faltante”.

Cuadro a2. Fórmula de abonamiento para cebolla.

Trat.	Rdto.	Dif	Comp.	PAU	FC	FR
-N	14.06	23.86	78.74	50	157.48	160
-P	36.96	0.97	0.87	20	4.34	20
-K	27.29	10.63	28.70	60	47.83	50
C	37.92	fórmula recomendada 160-20-50 kg.ha⁻¹				

1. Colocar los rendimientos de cebolla “Roja Arequipeña” obtenidos en el campo (**Rdto**), en la columna 2, correspondientes a los tratamientos (**Trat**) identificados en la columna 1
2. En la columna 3, escribir la diferencia (**Dif**) entre los rendimientos del tratamiento completo (C) y los tratamientos donde se omitió un factor (nutriente):

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-N)} = 37.92 - 14.06 = 23.86$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-P)} = 37.92 - 36.96 = 0.97$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-K)} = 37.92 - 27.29 = 10.63$$

3. En la columna 4 se calcula la parte complementaria (**Comp**) de nutrientes que debe incorporar la cosecha (el cultivo) en sus tejidos, a partir de los abonos, para alcanzar el rendimiento planteado ($37.92 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Se conoce que el requerimiento del cultivo de cebolla "Roja Arequipeña" para producir 1 tonelada de bulbos es 3.3-0.9-2.7 kg de N-P₂O₅-K₂O (Palacios et al, 2005):

$$\text{N} = 23.86 * 3.3 = 78.74$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 0.97 * 0.9 = 0.87$$

$$\text{K}_2\text{O} = 10.63 * 2.7 = 28.70$$

4. Los nutrientes que se suministran están sujetos a pérdidas en el suelo por diferentes mecanismos (lixiviación, fijación, etc.). La eficiencia de uso de los nutrientes suministrados vía abonamiento (**PAU**) depende de factores edáficos, climáticos y genéticos, entre otros. Considerando los valores indicados en la columna 5 (estimado para las condiciones de Canaán), calculamos las cantidades de abono (columna 6) requerido (**FC**):

$$\text{N} = 78.74 * 100 / 50 = 157.48$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 0.87 * 100 / 20 = 4.34$$

$$\text{K}_2\text{O} = 28.70 * 100 / 60 = 47.83$$

5. Los valores de la columna 6 se redondean por comodidad para representarlo como una fórmula de abonamiento a recomendar (columna 7: **FR**); en este caso 160-20-50 de N-P₂O₅-K₂O para las condiciones de Canaán.

Cuadro a3. Coeficientes del polinomio para la altura de planta de cebolla.

Parámetro	valor est.	Est. Estándar	Valor T	Pr > T
Intercepto	61.05729167	2.77152506	22.03	<.0001**
N	0.05896898	0.02015988	2.93	0.0094 ns
P ₂ O ₅	-0.01192250	0.03628778	-0.33	0.7465 ns
K ₂ O	0.01997014	0.03023982	0.66	0.5179 ns
N.P ₂ O ₅	0.00011581	0.00023279	0.50	0.6252 ns
N.K ₂ O	0.00017635	0.00019399	0.91	0.3760 ns
P ₂ O ₅ .K ₂ O	-0.00003018	0.00034918	-0.09	0.9321 ns

Cuadro a4. Coeficientes del polinomio para el diámetro ecuatorial del bulbo de cebolla.

Parámetro	valor est.	Est. Estándar	Valor T	Pr > T
Intercepto	2.954750000	0.20304333	14.55	<.0001**
N	0.009699074	0.00147692	6.57	<.0001**
P ₂ O ₅	-0.000838333	0.00265846	-0.32	0.7563 ns
K ₂ O	0.001134722	0.00221538	0.51	0.6151 ns
N.P ₂ O ₅	0.000009704	0.00001705	0.57	0.5768 ns
N.K ₂ O	0.000049105	0.00001421	3.46	0.0030 *
P ₂ O ₅ .K ₂ O	0.000001472	0.00002558	0.06	0.9548 ns

Cuadro a5. Coeficientes del polinomio para el peso de la planta de cebolla.

Parámetro	valor est.	Est. Estándar	Valor T	Pr > T
Intercepto	130.3212500	8.68212271	15.01	<.0001**
N	0.8107639	0.06315315	12.84	<.0001**
P ₂ O ₅	-0.0410583	0.11367567	-0.36	0.7224 ns
K ₂ O	0.1765069	0.09472973	1.86	0.0798 ns
N.P ₂ O ₅	0.0004956	0.00072923	0.68	0.5059 ns
N.K ₂ O	0.0032404	0.00060769	5.33	<.0001**
P ₂ O ₅ .K ₂ O	0.0000621	0.00109384	0.06	0.9554 ns

Cuadro a6. Coeficientes del polinomio para peso del bulbo de cebolla.

Parámetro	valor est.	Est. Estándar	Valor T	Pr > T
Intercepto	58.16758333	5.66022812	10.28	<.0001**
N	0.45469907	0.04117210	11.04	<.0001**
P ₂ O ₅	-0.02601833	0.07410978	-0.35	0.7298 ns
K ₂ O	0.14868750	0.06175815	2.41	0.0277 ns
N.P ₂ O ₅	0.00034565	0.00047541	0.73	0.4771 ns
N.K ₂ O	0.00169031	0.00039618	4.27	0.0005 **
P ₂ O ₅ .K ₂ O	0.00006319	0.00071312	0.09	0.9304 ns

Cuadro a7. Coeficientes del polinomio para peso de la parte aérea de cebolla.

Parámetro	valor est.	Est. Estándar	Valor T	Pr > T
Intercepto	72.25175000	4.47947758	16.13	<.0001**
N	0.35535833	0.03258340	10.91	<.0001**
P ₂ O ₅	-0.01524500	0.05865013	-0.26	0.7980 ns
K ₂ O	0.02712917	0.04887511	0.56	0.5861 ns
N.P ₂ O ₅	0.00015315	0.00037624	0.41	0.6891 ns
N.K ₂ O	0.00155452	0.00031353	4.96	0.0001**
P ₂ O ₅ .K ₂ O	-0.00000917	0.00056436	-0.02	0.9872 ns

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ha TRATAMIENTO T (1) = TESTIGO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL PARCIAL S/.	TOTAL S/.
I GASTOS DE CULTIVO					2470
1. preparación del terreno				200	
roturación y rastra del terreno	h/m	5	40	200	
2. almacigado				60	
preparación de la cama	jornal	2	20	40	
colocación de la semilla	jornal	1	20	20	
3. trasplante				440	
traslado de plántulas	jornal	1	20	20	
surcado	h/m	3	40	120	
colocación de plántulas	jornal	15	20	300	
4. labores culturales				1270	
primer abonamiento	jornal	0	20	0	
segundo abonamiento	jornal	0	20	0	
tercero abonamiento	jornal	0	20	0	
deshierbo 3 veces	jornal	30	20	600	
riego 10 veces	jornal	10	20	200	
control fitosanitario	jornal	6	20	120	
-Tamarón	lt	1	50	50	
-Ridomil	kg	4	75	300	
5 cosecha				500	
recojo de plantas	jornal	15	20	300	
clasificación ensacado	jornal	10	20	200	
II GASTOS ESPECIALES					4080
1. Semilla	kg.	4	120	480	
2. fertilizantes				0	
úrea	kg.	0	2	0	
superfosfato triple	kg.	0	1.8	0	
cloruro de potasio	kg.	0	2	0	
4. gastos operativos				3600	
técnico	mes	6	600	3600	
III GASTOS GENERALES					1834.00
Leyes sociales (13%)				851.50	
Gastos administrativos (10%)				655.00	
Imprevistos (5%)				327.50	
COSTO TOTAL DE LA PRODUCCION					8384.00

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ha TRATAMIENTO T (2) = (+N)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL PARCIAL S/.	TOTAL S/.
I GASTOS DE CULTIVO					2730
1. preparación del terreno				200	
roturación y rastra del terreno	h/m	5	40	200	
2. almacigado				60	
preparación de la cama	jornal	2	20	40	
colocación de la semilla	jornal	1	20	20	
3. trasplante				440	
traslado de plántulas	jornal	1	20	20	
surcado	h/m	3	40	120	
colocación de plántulas	jornal	15	20	300	
4. labores culturales				1530	
primer abonamiento	jornal	5	20	100	
segundo abonamiento	jornal	4	20	80	
tercero abonamiento	jornal	4	20	80	
deshierbo 3 veces	jornal	30	20	600	
riego 10 veces	jornal	10	20	200	
control fitosanitario	jornal	6	20	120	
-Tamarón	lt	1	50	50	
-Ridomil	kg	4	75	300	
5 cosecha				500	
recojo de plantas	jornal	15	20	300	
clasificación ensacado	jornal	10	20	200	
II GASTOS ESPECIALES					4880
1. Semilla	kg.	4	120	480	
2. fertilizantes				800	
úrea	kg.	400	2	800	
superfosfato triple	kg.	0	1.8	0	
cloruro de potasio	kg.	0	2	0	
4. gastos operativos				3600	
técnico	mes	6	600	3600	
III GASTOS GENERALES					2130.80
Leyes sociales (13%)				989.30	
Gastos administrativos (10%)				761.00	
Imprevistos (5%)				380.50	
COSTO TOTAL DE LA PRODUCCION					9740.80

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ha TRATAMIENTO T (3) = (+P)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL PARCIAL S/.	TOTAL S/.
I GASTOS DE CULTIVO					2570
1. preparación del terreno				200	
roturación y rastra del terreno	h/m	5	40	200	
2. almácigado				60	
preparación de la cama	jornal	2	20	40	
colocación de la semilla	jornal	1	20	20	
3. trasplante				440	
traslado de plántulas	jornal	1	20	20	
surcado	h/m	3	40	120	
colocación de plántulas	jornal	15	20	300	
4. labores culturales				1370	
primer abonamiento	jornal	5	20	100	
segundo abonamiento	jornal	0	20	0	
tercero abonamiento	jornal	0	20	0	
deshierbo 3 veces	jornal	30	20	600	
riego 10 veces	jornal	10	20	200	
control fitosanitario	jornal	6	20	120	
-Tamarón	lt	1	50	50	
-Ridomil	kg	4	75	300	
5 cosecha				500	
recojo de plantas	jornal	15	20	300	
clasificación ensacado	jornal	10	20	200	
II GASTOS ESPECIALES					4549.8
1. Semilla	kg.	4	120	480	
2. fertilizantes				469.8	
úrea	kg.	0	2	0	
superfosfato triple	kg.	261	1.8	469.8	
cloruro de potasio	kg.	0	2	0	
4. gastos operativos				3600	
técnico	mes	6	600	3600	
III GASTOS GENERALES					1993.54
Leyes sociales (13%)				925.57	
Gastos administrativos (10%)				711.98	
Imprevistos (5%)				355.99	
COSTO TOTAL DE LA PRODUCCION					9113.34

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ha TRATAMIENTO T (4) = (-K)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL PARCIAL S/.	TOTAL S/.
I GASTOS DE CULTIVO					2730
1.preparación del terreno				200	
roturación y rastra del terreno	h/m	5	40	200	
2. almácigado				60	
preparación de la cama	jornal	2	20	40	
colocación de la semilla	jornal	1	20	20	
3. trasplante				440	
traslado de plántulas	jornal	1	20	20	
surcado	h/m	3	40	120	
colocación de plántulas	jornal	15	20	300	
4. labores culturales				1530	
primer abonamiento	jornal	5	20	100	
segundo abonamiento	jornal	4	20	80	
tercero abonamiento	jornal	4	20	80	
deshierbo 3 veces	jornal	30	20	600	
riego 10 veces	jornal	10	20	200	
control fitosanitario	jornal	6	20	120	
-Tamarón	lt	1	50	50	
-Ridomil	kg	4	75	300	
5 cosecha				500	
recojo de plantas	jornal	15	20	300	
clasificación ensacado	jornal	10	20	200	
II GASTOS ESPECIALES					5349.8
1. Semilla	kg.	4	120	480	
2. fertilizantes				1269.8	
úrea	kg.	400	2	800	
superfosfato triple	kg.	261	1.8	469.8	
cloruro de potasio	kg.	0	2	0	
4. gastos operativos				3600	
técnico	mes	6	600	3600	
III GASTOS GENERALES					2262.34
Leyes sociales (13%)				1050.37	
Gastos administrativos (10%)				807.98	
Imprevistos (5%)				403.99	
COSTO TOTAL DE LA PRODUCCION					10342.14

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ha TRATAMIENTO T (5) = (+K)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL PARCIAL S/.	TOTAL S/.
I GASTOS DE CULTIVO					2570
1. preparación del terreno				200	
roturación y rastra del terreno	h/m	5	40	200	
2. almacigado				60	
preparación de la cama	jornal	2	20	40	
colocación de la semilla	jornal	1	20	20	
3. trasplante				440	
traslado de plántulas	jornal	1	20	20	
surcado	h/m	3	40	120	
colocación de plántulas	jornal	15	20	300	
4. labores culturales				1370	
primer abonamiento	jornal	5	20	100	
segundo abonamiento	jornal	0	20	0	
tercero abonamiento	jornal	0	20	0	
deshierbo 3 veces	jornal	30	20	600	
riego 10 veces	jornal	10	20	200	
control fitosanitario	jornal	6	20	120	
-Tamarón	lt	1	50	50	
-Ridomil	kg	4	75	300	
5 cosecha				500	
recojo de plantas	jornal	15	20	300	
clasificación ensacado	jornal	10	20	200	
II GASTOS ESPECIALES					4480
1. Semilla	kg.	4	120	480	
2. fertilizantes				400	
úrea	kg.	0	2	0	
superfosfato triple	kg.	0	1.8	0	
cloruro de potasio	kg.	200	2	400	
4. gastos operativos				3600	
técnico	mes	6	600	3600	
III GASTOS GENERALES					1974.00
Leyes sociales (13%)				916.50	
Gastos administrativos (10%)				705.00	
Imprevistos (5%)				352.50	
COSTO TOTAL DE LA PRODUCCION					9024.00

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ha TRATAMIENTO T (6) = (-P)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL PARCIAL S/.	TOTAL S/.
I GASTOS DE CULTIVO					2730
1.preparación del terreno				200	
roturación y rastra del terreno	h/m	5	40	200	
2. almacigado				60	
preparación de la cama	jornal	2	20	40	
colocación de la semilla	jornal	1	20	20	
3. trasplante				440	
traslado de plántulas	jornal	1	20	20	
surcado	h/m	3	40	120	
colocación de plántulas	jornal	15	20	300	
4. labores culturales				1530	
primer abonamiento	jornal	5	20	100	
segundo abonamiento	jornal	4	20	80	
tercero abonamiento	jornal	4	20	80	
deshierbo 3 veces	jornal	30	20	600	
riego 10 veces	jornal	10	20	200	
control fitosanitario	jornal	6	20	120	
-Tamarón	lt	1	50	50	
-Ridomil	kg	4	75	300	
5 cosecha				500	
recojo de plantas	jornal	15	20	300	
clasificación ensacado	jornal	10	20	200	
II GASTOS ESPECIALES					5280
1. Semilla	kg.	4	120	480	
2. fertilizantes				1200	
úrea	kg.	400	2	800	
superfosfato triple	kg.	0	1.8	0	
cloruro de potasio	kg.	200	2	400	
4. gastos operativos				3600	
técnico	mes	6	600	3600	
III GASTOS GENERALES					2242.80
Leyes sociales (13%)				1041.30	
Gastos administrativos (10%)				801.00	
Imprevistos (5%)				400.50	
COSTO TOTAL DE LA PRODUCCION					10252.80

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ha TRATAMIENTO T (7) = (-N)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL PARCIAL S/.	TOTAL S/.
I GASTOS DE CULTIVO					2570
1. preparación del terreno				200	
roturación y rastra del terreno	h/m	5	40	200	
2. almácigado				60	
preparación de la cama	jornal	2	20	40	
colocación de la semilla	jornal	1	20	20	
3. trasplante				440	
traslado de plántulas	jornal	1	20	20	
surcado	h/m	3	40	120	
colocación de plántulas	jornal	15	20	300	
4. labores culturales				1370	
primer abonamiento	jornal	5	20	100	
segundo abonamiento	jornal	0	20	0	
tercero abonamiento	jornal	0	20	0	
deshierbo 3 veces	jornal	30	20	600	
riego 10 veces	jornal	10	20	200	
control fitosanitario	jornal	6	20	120	
-Tamarón	lt	1	50	50	
-Ridomil	kg	4	75	300	
5 cosecha				500	
recojo de plantas	jornal	15	20	300	
clasificación ensacado	jornal	10	20	200	
II GASTOS ESPECIALES					4949.8
1. Semilla	kg.	4	120	480	
2. fertilizantes				869.8	
úrea	kg.	0	2	0	
superfosfato triple	kg.	261	1.8	469.8	
cloruro de potasio	kg.	200	2	400	
4. gastos operativos				3600	
técnico	mes	6	600	3600	
III GASTOS GENERALES					2105.54
Leyes sociales (13%)				977.57	
Gastos administrativos (10%)				751.98	
Imprevistos (5%)				375.99	
COSTO TOTAL DE LA PRODUCCION					9625.34

COSTOS DE PRODUCCIÓN/ha TRATAMIENTO T (8) = COMPLETO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL PARCIAL S/.	TOTAL S/.
I GASTOS DE CULTIVO					2730
1. preparación del terreno				200	
roturación y rastra del terreno	h/m	5	40	200	
2. almacigado				60	
preparación de la cama	jornal	2	20	40	
colocación de la semilla	jornal	1	20	20	
3. trasplante				440	
traslado de plántulas	jornal	1	20	20	
surcado	h/m	3	40	120	
colocación de plántulas	jornal	15	20	300	
4. labores culturales				1530	
primer abonamiento	jornal	5	20	100	
segundo abonamiento	jornal	4	20	80	
tercero abonamiento	jornal	4	20	80	
deshierbo 3 veces	jornal	30	20	600	
riego 10 veces	jornal	10	20	200	
control fitosanitario	jornal	6	20	120	
-Tamarón	lt	1	50	50	
-Ridomil	kg	4	75	300	
5 cosecha				500	
recojo de plantas	jornal	15	20	300	
clasificación ensacado	jornal	10	20	200	
II GASTOS ESPECIALES					5749.8
1. Semilla	kg.	4	120	480	
2. fertilizantes				1669.8	
úrea	kg.	400	2	800	
superfosfato triple	kg.	261	1.8	469.8	
cloruro de potasio	kg.	200	2	400	
4. gastos operativos				3600	
técnico	mes	6	600	3600	
III GASTOS GENERALES					2374.34
Leyes sociales (13%)				1102.37	
Gastos administrativos (10%)				847.98	
Imprevistos (5%)				423.99	
COSTO TOTAL DE LA PRODUCCION					10854.14

FOTO: Almacigo de la cebolla.



FOTO: Preparación del Terreno.



FOTO: Trasplante de plántulas de cebolla.



FOTO: Aplicación de riego por gravedad.



FOTO: Control fitosanitario.



FOTO: Cosecha de cebolla.



FOTO: Tratamiento T1 (T)

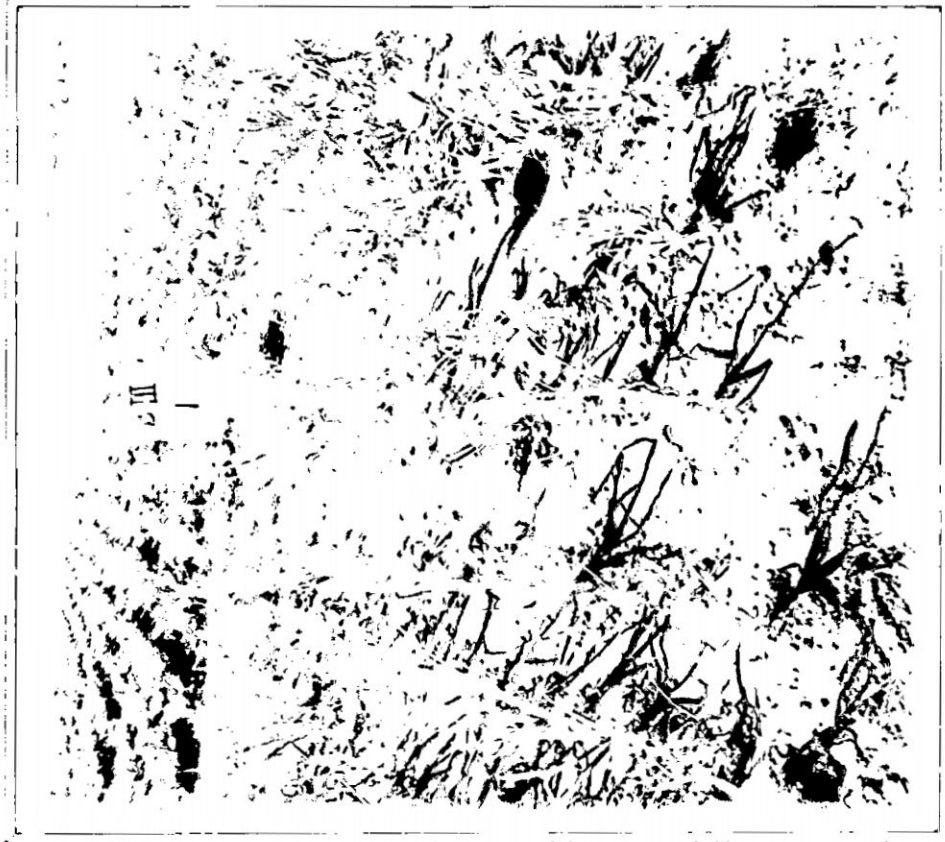


FOTO: Tratamiento T2 (+N)



FOTO: Tratamiento T3 (+P)

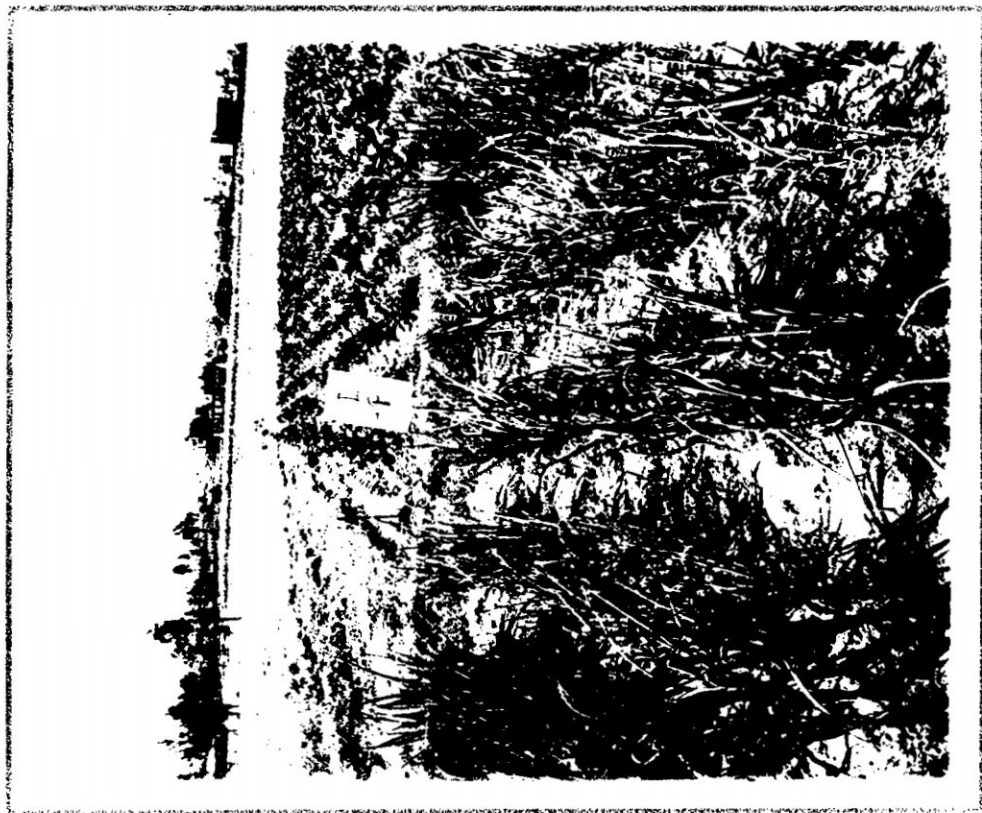


FOTO: Tratamiento T4 (-K)



FOTO: Tratamiento T5 (+K)

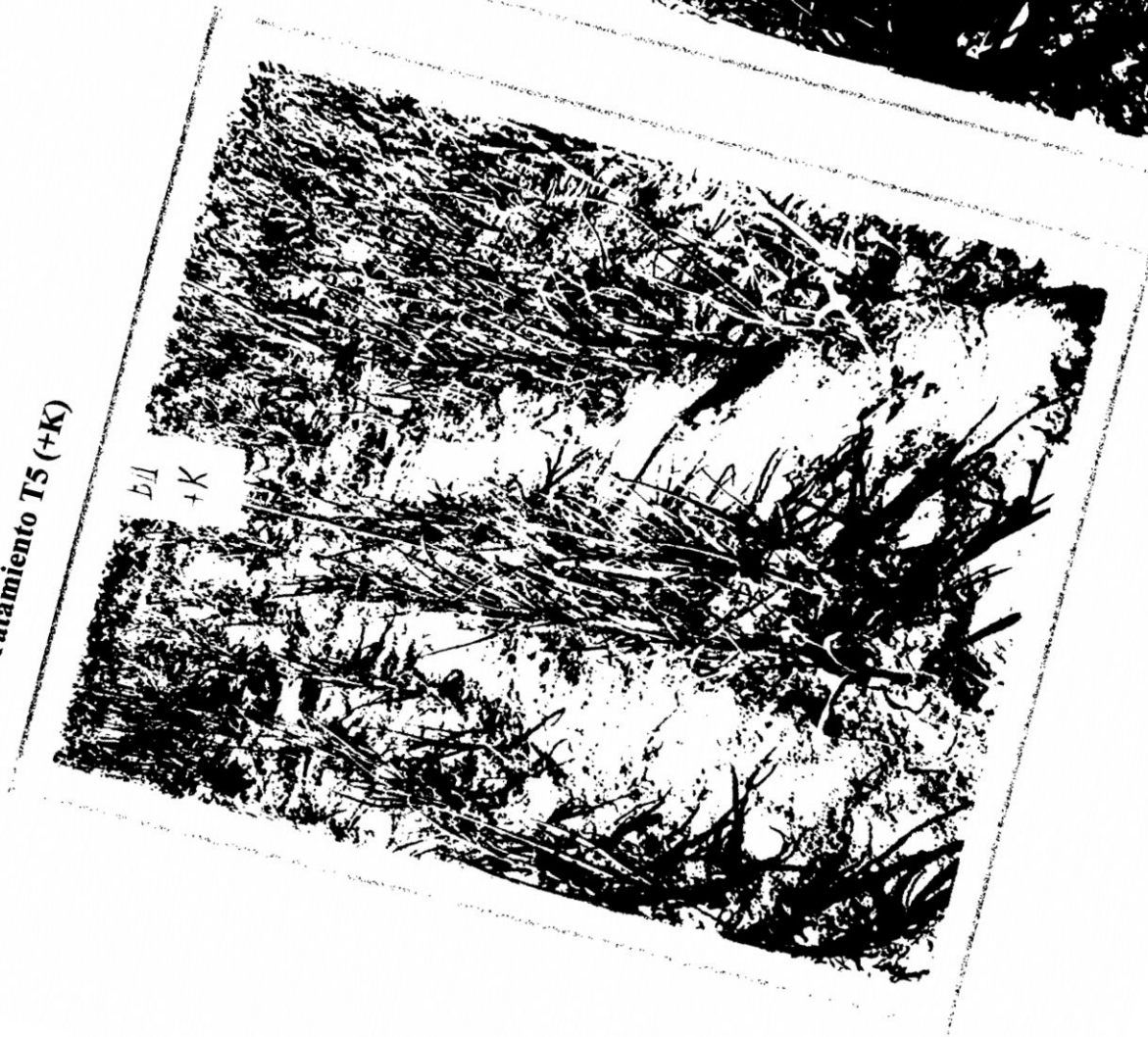


FOTO: Tratamiento T6 (-P)



FOTO: Tratamiento T7 (-N)



FOTO: Tratamiento T8 (C)

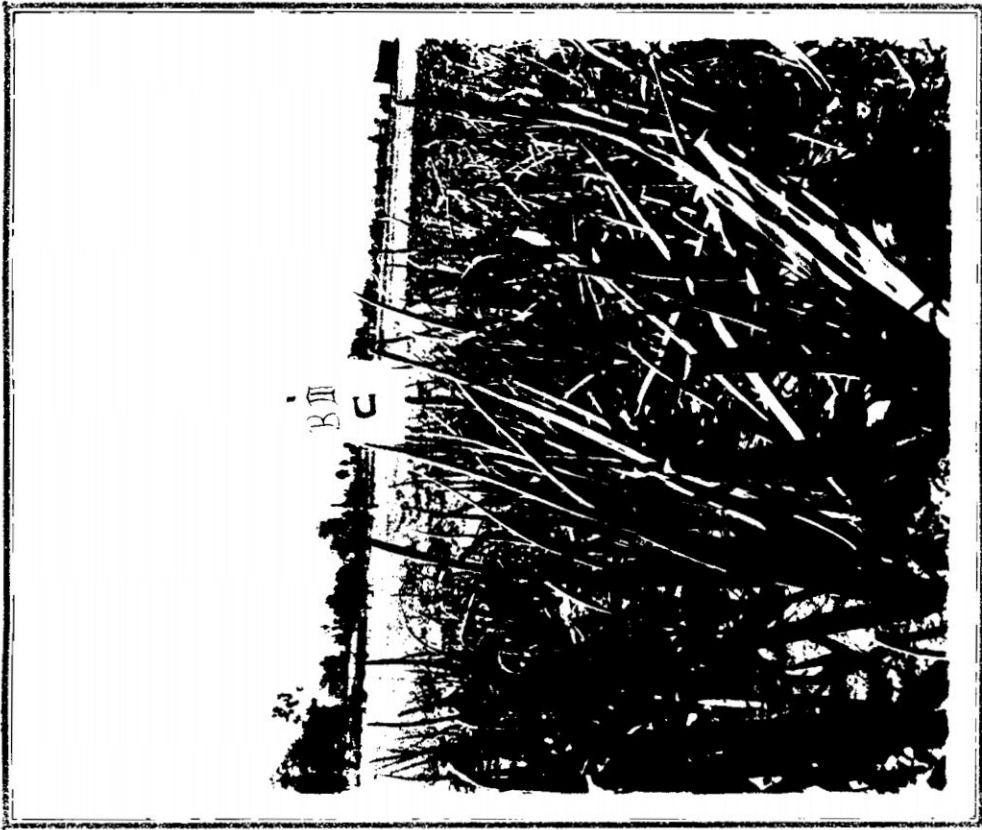
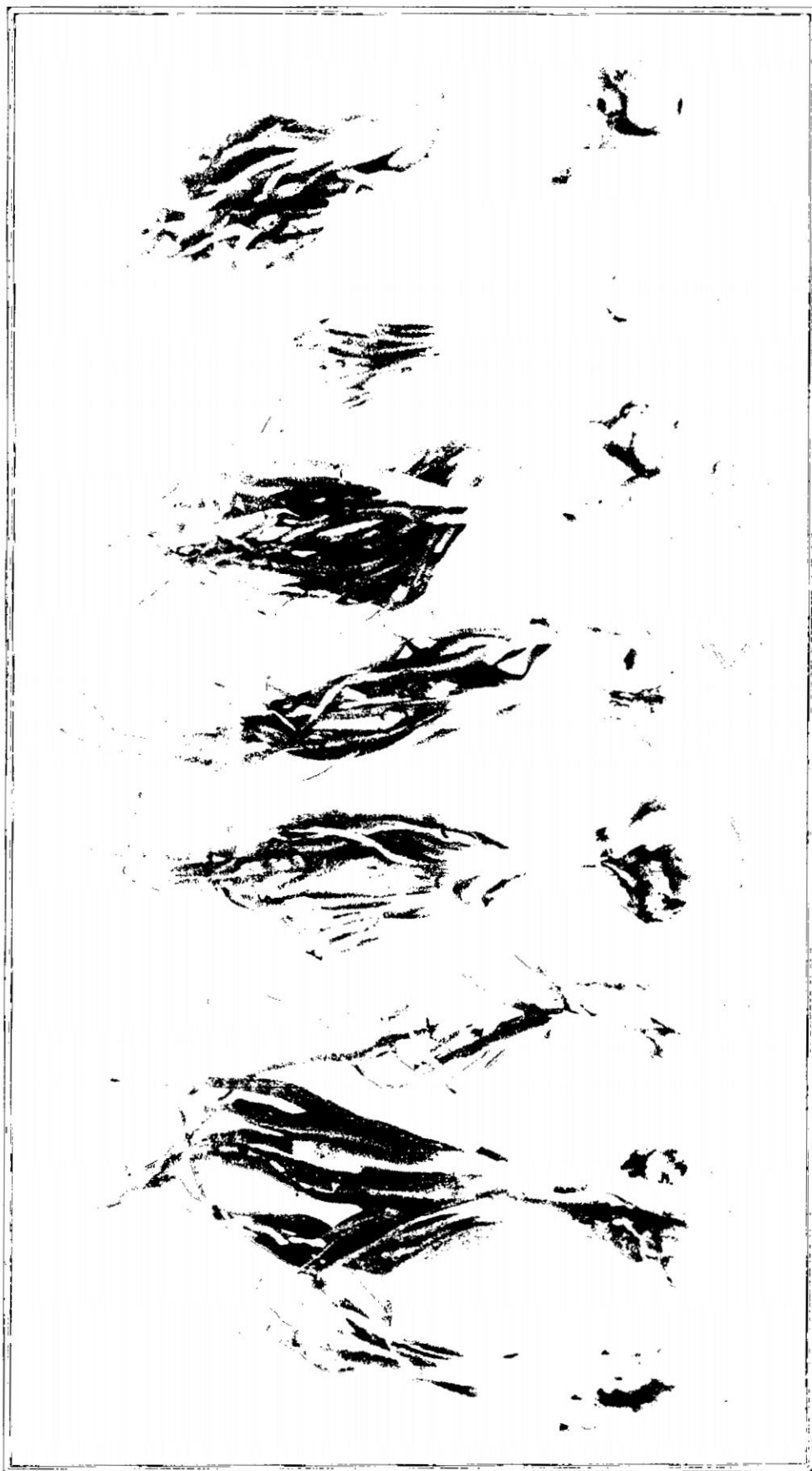


FOTO: Cebollas con las "Técnicas del elemento faltante y elemento presente". Cannán



FOTOS: DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS.

