

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SUSTANCIAS
HÚMICAS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CEBOLLA
(*Allium cepa* L.) VAR. ROJA ILABAYA – TACNA, 2017**

Presentada por:

Bach. GLADYS YUPANQUI CONDORI

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SUSTANCIAS
HÚMICAS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CEBOLLA
(*Allium cepa* L.) VAR. ROJA ILABAYA - TACNA, 2017**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 19 DE SEPTIEMBRE DEL 2018,
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

SECRETARIO:



MSc. NIVARDO NÚÑEZ TORREBLANCA

VOCAL:



Dra. NELLY ARÉVALO SOLSOL

ASESOR:



MSc. ARISTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

DEDICATORIA

A mis padres, Rene Yupanqui Yupanqui y Elena Condori Apaza, con gratitud por haberme inculcado el respeto, honestidad y honradez hacia las personas.

Con eterna estimación, cariño y sobretodo mucho amor a mis hermanos Alan Yupanqui Quispe, Ana María Yupanqui Condori, Sonia Delfina Yupanqui Condori, María del Pilar Yupanqui Condori y Ronald René Yupanqui Condori en honor y gratitud a su colaboración por su apoyo moral y espiritual.

A Luis Gustavo Mendoza Vega, por ser alguien muy especial y estar en todo momento a mi lado motivándome y ayudándome.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero dar énfasis a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la prestigiosa Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann quien supo abrirme las puertas para poder llegar al éxito de mi carrera.

Al MSc. Arístides Choquehuanca Tintaya, asesor de mi tesis, por su apoyo y predisposición para la realización de esta tesis, por su colaboración para el desarrollo y culminación de la presente investigación.

Al Ing. Marcos Manuel Alvarez Quispe, coasesor de mi tesis, por su apoyo en la culminación de la presente investigación.

A mis padres Rene Yupanqui Yupanqui y Elena Condori Apaza, amigos y colegas que participaron muy activamente durante el proceso de mi formación profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problema específico	5
1.3. Delimitación de la investigación	5
1.3.1. Temporal	5
1.3.2. Espacial	5
1.4. Justificación	5
1.5. Limitaciones.....	6

CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos	8
2.1.1. Objetivo general	8
2.1.2. Objetivo específico	8
2.2. Hipótesis.....	8
2.2.1. Hipótesis general.....	8
2.2.2. Hipótesis específica	9
2.3. Variables	9
2.3.1. Indicador de variables	9

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Cultivo de cebolla	10
3.1.1. Características generales	10
3.1.2. Taxonomía	12
3.1.3. Aspectos morfológicos	13
3.1.4. Ciclo vegetativo	17
3.1.5. Requerimientos edafoclimáticos	19
3.1.6. Variedades	20
3.1.7. Manejo agronómico	20
3.1.8. Plagas y enfermedades.....	25
3.1.9. Cosecha.....	27
3.1.10. Postcosecha.....	28

3.2. Las sustancias húmicas.....	30
3.2.1. Origen de las sustancias húmicas	33
3.2.2. Absorción de sustancias húmicas	36
3.2.3. Ácidos húmicos y fúlvicos.....	42
3.2.4. Ácidos húmicos	43
3.2.5. Ácidos fúlvicos	44
3.3. Sustancias húmicas comerciales	47
3.3.1. Golden black	47
3.3.2. Humic acid	49
3.3.3. Humifarm plus	50
3.3.4. Pow humus	52
3.4. Antecedentes.....	55

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del campo experimental	59
4.2. Historia del campo experimental.....	59
4.3. Material experimental	59
4.3.1. Características de la variedad	59
4.3.2. Características de las sustancias húmicas	59
4.4. Análisis físico químico del suelo	59
4.5. Condiciones meteorológicas	61
4.6. Tratamientos.....	61

4.7. Variables de respuesta	62
4.7.1. Altura de planta de cebolla (cm)	62
4.7.2. Diámetro ecuatorial de bulbo (mm)	62
4.7.3. Diámetro polar de bulbo (mm)	62
4.7.4. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$).....	63
4.8. Diseño experimental	63
4.9. Características del campo experimental	63
4.10. Aleatorización del campo experimental.....	65
4.11. Análisis estadístico	65
4.12. Conducción del cultivo	66
4.12.1. Almácigo	66
4.12.2. Medición del campo experimental	66
4.12.3. Preparación de terreno.....	66
4.12.4. Trasplante	67
4.12.5. Control de malezas	67
4.12.6. Fertilización	67
4.12.7. Riegos	68
4.12.8. Control de plagas y enfermedades.....	68
4.12.9. Aplicación de los ácidos húmicos	69
4.12.10. Cosecha	69

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Altura de planta (cm)	70
5.2. Diámetro polar de bulbo (mm)	72
5.2. Diámetro ecuatorial de bulbo (mm)	74
5.3. Rendimiento de bulbo ($t\ ha^{-1}$)	75
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la cebolla	12
Tabla 2. Composición química de Golden Black	48
Tabla 3. Composición química de Humic acid	50
Tabla 4. Momentos de aplicación de Humifarm plus.....	51
Tabla 5. Composición y características físico química de Pow humus	52
Tabla 6. Resultados del análisis físico químico de suelo del campo experimental	60
Tabla 7. Datos meteorológicos registrados en el CEA III Los Pichones - Tacna	61
Tabla 8. Descripción de los tratamientos en estudio.	62
Tabla 9. Análisis de varianza para altura de planta (cm), cebolla var. Roja Ilabaya	70
Tabla 10. Prueba de significación de Duncan para altura de planta (cm), cebolla var. Roja Ilabaya	71
Tabla 11. Análisis de varianza del diámetro polar de bulbo (mm), cebolla var. Roja Ilabaya	72
Tabla 12. Prueba de significación de Duncan del diámetro polar de bulbo (mm), cebolla var. Roja Ilabaya	73

Tabla 13. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de bulbo (mm) cebolla var. Roja Ilabaya.....	74
Tabla 14. Prueba de significación de Duncan del diámetro ecuatorial de bulbo (mm) cebolla var. Roja Ilabaya.....	74
Tabla 15. Análisis de varianza para el rendimiento de bulbo ($t\ ha^{-1}$) cebolla var. Roja Ilabaya	75
Tabla 16. Prueba de significación de Duncan para el rendimiento de bulbo ($t\ ha^{-1}$) cebolla var. Roja Ilabaya	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis del campo experimental.....	65
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos originales de altura de planta de cebolla roja (cm)	
var. Ilabaya	90
Anexo 2. Datos originales de diámetro de bulbo de cebolla roja	
var. Ilabaya (mm)	90
Anexo 3. Datos originales de diámetro ecuatorial de bulbo de	
cebolla roja var. Ilabaya	91
Anexo 4. Datos originales de rendimiento de cebolla roja var.	
Ilabaya (t ha ⁻¹)	91
Anexo 5. Galeria de fotos	92

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNJBG. El objetivo fue determinar la sustancia húmica de mayor efecto en el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Roja Ilabaya. Los tratamientos fueron las sustancias húmicas: Humic acid, Humifarm plus; Golden black y Pow humus. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con seis repeticiones. Las sustancias húmicas Humic acid, Humifarm plus, Golden black y Pow humus con 39,42; 33,43; 33,01 y 31,26 t ha⁻¹ de rendimiento de cebolla, respectivamente y superiores al testigo.

Palabras clave: *Allium cepa*, Sustancias húmicas, Rendimiento.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Agricultural Experimental Center III Los Pichones of the Faculty of Agricultural Sciences of the UNJBG. The objective was to determine the humic substance with the greatest effect on the yield of onion (*Allium cepa* L.) Roja Ilabaya variety. The treatments were the humic substances: Humic acid, Humifarm plus; Golden black and Pow humus. The experimental design of Complete Blocks at Random was used with six repetitions. The humic substances Humic acid, Humifarm plus, Golden black and Pow humus with 39.42; 33.43; 33.01 and 31.26 t ha⁻¹ of onion yield, respectively and superior to the control.

Keywords: *Allium cepa*, humic substances, yield.

INTRODUCCIÓN

La cebolla es un cultivo ampliamente extendido en todo el mundo, cultivándose en 175 países abarcando una superficie de poco más de 3,8 millones de hectáreas, la producción en el 2016 superó los 100 millones de toneladas, con una tendencia a seguir incrementando en el futuro.

En el Perú la producción de cebollas se dispone principalmente para el mercado interno, estando la cebolla roja, la principal variedad cultivada proporcionado al consumo masivo de la población peruana. La producción de cebollas se centraliza principalmente en la región Arequipa, que participa con más del 56,7 % de la producción nacional. En el año 2015 produjo 390,9 mil toneladas métricas en 9,0 mil hectáreas de cultivo.

Tacna, en los últimos años, ha tomado mucha importancia debido a la gran demanda interna y externa de cultivo de cebolla, debido a su alto potencial productivo (60 a 80 t/ha), las épocas de producción y al gran consumo a nivel nacional, el mismo que garantiza su comercialización. Sin embargo los rendimientos en las zonas productoras de cebolla en nuestra región son muy bajos, estos se ven afectados por el deficiente manejo agronómico del cultivo, y el desconocimiento de los agricultores sobre el uso de las sustancias húmicas.

En muchas investigaciones se ha observado que las sustancias húmicas, presentaron un efecto positivo sobre el crecimiento vegetativo y el desarrollo del bulbo, aspectos fisiológicos que aún no han sido estudiados por los investigadores, en las zonas productoras de la región Tacna.

Las sustancias húmicas que se ofertan en las casas comerciales, son destinados para mejorar la producción de los cultivos, al existir escasa información sobre la aplicación en el cultivo de cebolla roja de bulbo variedad Ilabaya, es por estas razones que la presente investigación se enfoca en buscar nuevas alternativas que permitan mejorar el rendimiento y la calidad de los bulbos de cebolla, mejorando los ingresos económicos de los productores. El objetivo de esta investigación “determinar la sustancia húmica de mayor efecto en el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.) Variedad Roja Ilabaya en el Centro Experimental III Los Pichones de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna”.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La cebolla es una hortaliza importante, debido a su contenido en minerales, vitaminas, proteínas y carbohidratos que son indispensables en la alimentación humana. Es utilizada en diversas formas como ingrediente imprescindible por su sabor especial. Además es una alternativa de cultivo en la región de Tacna debido a su alto potencial productivo.

En la actualidad uno de los mayores problemas que enfrentamos los seres humanos es el uso excesivo de fertilizantes sintéticos utilizados para aumentar el rendimiento del cultivo. Con el transcurso del tiempo y el exceso de fertilización mineral en los campos de cultivo, la materia orgánica disponible en ellos disminuye continuamente perjudicando la calidad del suelo. Fruto de ello es la disminución de su fertilidad, la destrucción de los microorganismos útiles, un incremento de la erosión y desertificación, más enfermedades, e incluso una acumulación de residuos tóxicos en ellos.

Los ácidos húmicos actúan como mejoradores del suelo; acción que ha sido aprovechada en la producción de diversos cultivos, observándose una mejora constante de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, también han permitido una mayor eficiencia en la práctica de fertilización, lo que se refleja en el rendimiento.

Sin embargo hasta el momento no se han desarrollado muchos estudios que permitan determinar la importancia del empleo de los ácidos húmicos sobre el cultivo de cebolla y los efectos que estos generan directamente sobre la producción; por lo tanto, en la presente investigación se determinará el efecto sobre la producción de la cebolla de diferentes productos comerciales formulados a base de sustancias húmicas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de las sustancias húmicas, en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad roja Ilabaya Tacna, en la campaña 2016 - 2017?

1.2.2. Problema específico

¿Cuál es la sustancia húmica que tiene el mayor efecto en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad roja Ilabaya Tacna, en la campaña 2016 - 2017?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Temporal

El tiempo de ejecución de la investigación fue entre los meses de octubre del 2016 a febrero del 2017.

1.3.2. Espacial

La presente investigación se ejecutó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones” de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNJBG, Tacna.

1.4. Justificación

La cebolla (*Allium cepa* L.) es uno de los cultivos hortícolas más cultivadas en la región, las principales zonas de producción son: Ilabaya, Locumba, Ite y La Yarada – los Palos, siendo la variedad Roja Ilabaya la que más cultivada, su producción se desarrolla fuera de las temporadas del cultivo (primavera - verano), a diferencia de otras variedades,

asegurando así un mejor precio del producto en el mercado nacional (Norte del país) e internacional (Ecuador, Colombia y Venezuela). Así mismo las condiciones climáticas de la región Tacna, son óptimas para el cultivo, obteniéndose un buen crecimiento vegetativo y bulbos con los diámetros y calibres que el mercado solicita.

El incremento de la demanda de alimentos en los últimos años y el propósito de los productores por elevar sus rendimientos, ha generado buscar nuevas alternativas. Siendo al uso de las sustancias húmicas que son ricas en materia orgánica, y que producen efectos sobre el suelo y las plantas, se puede decir que las sustancias húmicas son verdaderos complejos biológicos elaborados de forma natural, que incrementan los rendimientos de los cultivos. Por esta razón se pretende ensayar los efectos que presentan sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de cebolla roja variedad Ilabaya.

1.5. Limitaciones

Escasa información y trabajos de investigación a nivel local, regional y nacional en el tema de uso y aplicación de sustancias húmicas en el cultivo de cebolla variedad Roja Ilabaya.

Otra limitación en el presente estudio es el desconocimiento de los resultados de las sustancias húmicas, en los centros de producción del cultivo de cebolla variedad Roja Ilabaya.

El estudio solo comprende el cultivo de cebolla variedad Roja Ilabaya. El trabajo de investigación estuvo autofinanciando por la tesista.

El ingreso al Centro Experimental Agrícola (CEA) III “Los Pichones” es de lunes a viernes, no permitiendo el ingreso los sábados y domingos, tiempo que se disponía para realizar las labores en cuanto al manejo del cultivo.

La restricción de agua, debió a que el CEA III “Los Pichones” el agua de riego es muy limitada, en consecuencia se utilizó el riego por goteo, para aprovechar al máximo el recurso hídrico.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de las sustancias húmicas sobre el rendimiento del cultivo Cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Roja Ilabaya en el CEA. III “Los Pichones”.

2.1.2. Objetivo específico

Determinar la sustancia húmica de mayor efecto en el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Roja Ilabaya en el CEA. III “Los Pichones”.

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis general

Las sustancias húmicas influyen en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Roja Ilabaya en el CEA. III “Los Pichones”.

2.2.2. Hipótesis específica

Al menos una sustancia húmica influye en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Roja Ilabaya en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”.

2.3. Variables

2.3.1. Indicador de variables

2.3.1.1. Variable independiente (X)

Sustancias húmicas

2.3.1.2. Variable dependiente (Y)

Rendimiento total de bulbos de cebolla ($t\ ha^{-1}$)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Cultivo de cebolla

3.1.1. Características generales

En el Perú se cultivan cerca de 47 hortalizas, de las cuales 27 son extensamente cultivadas. Las zonas de mayor producción se localizan en campos cercanos a los mercados mayoristas del país (MINAGRI, 2013).

La cebolla es una hortaliza de mayor consumo en la población mundial, ocupando el segundo lugar en importancia económica; tiene usos como condimentos, medicina, al estado crudo, cocido, deshidratado. Entre las hortalizas, ocupa el segundo lugar, solo superado por el tomate en el mundo en cuanto al área cultivada (MINAGRI, 2013).

3.1.1.1. Origen

La cebolla es originaria de Asia central y el mediterráneo. Existen evidencias de su cultivo hace 3 200 años antes de Cristo. Un epígrafe encontrado en las pirámides de Egipto prueba que la adoraban como divinidad junto al ajo, ocupaba un lugar importante en la dieta de

los esclavos, atareados en la construcción de las pirámides. También se le menciona en la Biblia y el Corán. Llegó a América con los primeros colonizadores. En la actualidad se cultiva en todas las regiones del mundo (Acosta *et al.*, 1993).

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 (Castillo, 1999).

3.1.1.2. En la medicina

Se usa como antiséptico, diurético, para tumores, como jarabe para la tos, posee acción bacteriana, ayuda a la digestión, mejora la presión arterial y es un anti-oxidante, entre otros usos (Medina, 2008)

3.1.1.3. Valor alimenticio

La cebolla se utiliza para condimentar las comidas y en la preparación de muchos potajes. Se puede comer en estado fresco y en forma deshidratada, para formar parte de otros condimentos, para ser usada en guisos, sopas, es rica en vitaminas A, B, y C (Medina, 2008).

Tabla 1. Composición nutricional de la cebolla

Compuesto	Cantidad (100 g de parte comestible)
Agua	89,68
Carbohidratos	8,63
Grasas	0,16
Proteínas	0,16
Fibra	1,8
Cenizas	0,37
Calorías	38 calorías
Calcio	20 mg
Fosforo	33
Potasio	157 mg
Magnesio	10 mg
Hierro	0,22 mg
Tiamina	0,042 mg
Rivoflavina	0,0120 mg
Niacinina	0,148 mg
Ácido ascórbico	6,4 mg

Fuente: (FAO, 1995).

3.1.2 Taxonomía

Según Castillo (1999) clasifica a la cebolla de la siguiente manera:

División: Fanerógamas

Sub división: Angiospermas

Clase: Monocotiledóneas

Orden: Liliflorales

Familia: Liliaceae

Género: *Allium*

Especie: *Allium Cepa* L.

Existen algunas oposiciones sobre el género *Allium*, entre las familias botánicas, para los europeos pertenece a la familia de las liliáceas, algunas escuelas americanas la ubican dentro de las amarilidáceas y, otras escuelas, sobre todo en Sudamérica, aseguran que su familia pertenece al grupo de las aliáceas (Acosta, Gaviota, & Galmarini, 1993).

La cebolla es un cultivo muy extendido a nivel mundial, debido a que existe una amplia gama de cultivares adaptados a las diferentes condiciones ambientales que influyen en su desarrollo. Se trata de una planta de ciclo bienal, que en respuesta a unas determinadas condiciones de fotoperiodo forma en el primer año los bulbos, resultado de la acumulación de carbohidratos y otros compuestos de reserva en la base de las hojas. En el segundo año las plantas emiten un escapo floral, después de un periodo de latencia del bulbo en respuesta a condiciones de juvenilidad y del medio ambiente, que termina en una inflorescencia en umbela con un número variable de flores (de 50 a 2 000) (Aljaro, 2001).

3.1.3. Aspectos morfológicos

3.1.3.1. Semilla

La semilla de la cebolla está compuesta por dos caras, una de color blanco y liza, en su primera fase de desarrollo; luego cambia a un color negro y rugoso, presenta un diámetro ecuatorial de 3 a 4 mm. La semilla

consta de un tegumento seminal, endospermo rico en hidratos de carbono, proteínas y grasas, encerrando al embrión que representa la décima parte de la simiente (Maroto, 2002).

Cuando la semilla germina, emite una raíz primaria, junto al cotiledón que sale hacia la superficie. Esto ocurre en torno de una semana de la siembra, pasando por los periodos de rótula y luego la de bandera, en el desarrollo de cebolla. El peso de 1 000 semillas es de 2,8 a 3,7 gramos, con un gramo de semillas se pueden producir entre 300 a 500 plántulas apta para la siembra (Maroto, 2002; Ott, 2010).

3.1.3.2. Sistema radicular

El sistema radicular de la cebolla es escaso, consta de 20 a 200 raíces, con un promedio de 80 raíces, desarrollándose en los primeros 25 a 30 cm del suelo. Las raíces presentan pocos pelos absorbentes. Esto determina una menor capacidad de absorción de la planta y mayores exigencias con respecto al balance de humedad del suelo (Ott, 2010).

Las raíces de la cebolla se renuevan constantemente, es decir, las primeras raíces que brotan durante la fase de germinación de la semilla, las cuales mueren progresivamente formándose nuevas raíces. El sistema radicular tiene su máximo desarrollo durante la madurez, y

posteriormente en la etapa de la formación de los bulbos, estas raíces mueren (Maroto, 2002).

3.1.3.3. Tallo

La cebolla presenta dos tipos de tallos, un tallo verdadero ubicado en la base de los bulbos, de donde brotan las yemas, las hojas y las raíces y el otro tallo que brota del escapo floral. El tallo que sostiene la inflorescencia es recto, de 0,80 a 1,50 m de altura, hueco, inflado, grueso en su mitad inferior (Rosello, 1998).

3.1.3.4. Hojas

Las hojas de la cebolla están compuestas por una parte basal. Son cilíndricas, huecas, algunas veces cerosas y están formadas por una vaina que se distinguen unas con otras. Las hojas consisten de dos partes: el limbo y la vaina, el conjunto de hojas forman el falso tallo en su parte superior y en la parte inferior al bulbo. Generalmente, desarrollan una hoja de 1 a 9 días (Rosello & Santamarina, 2012; Maroto, 2002).

Cuando las condiciones para el crecimiento de la cebolla son óptimas, esta forma entre 12 a 20 hojas, depende de cada variedad, la época de siembra y el manejo agronómico. El número de hojas en el cultivo de cebolla tiene una relación directa muy marcada entre la variedad y la

época de siembra. El follaje de la cebolla crece hasta que las condiciones externas favorezcan la formación y desarrollo del bulbo (Rosello, 1998; Ott, 2010).

3.1.3.5. Bulbos

El bulbo está formado por túnicas escamosas eventuales, las yemas y el tallo verdadero. Las escamas pueden estar abiertas o cerradas. Las escamas abiertas son aquellas exteriores y terminan en un limbo y las escamas cerradas son las interiores, no forman limbo y encierran a la yema apical. El engrosamiento de las hojas forma el bulbo, las cuales nacen de forma alternas unos 160 grados, abriendo espacio hacia arriba, permitiendo la formación de nuevas hojas (Montes & Halle, 1990).

Cuando se dan las condiciones óptimas de fotoperiodo y temperatura, se inicia la formación y desarrollo del bulbo. Este período implica el engrosamiento de las vainas de las hojas y el almacenamiento en ellas de las sustancias nutritivas de reserva a medida que continúa el crecimiento y desarrollo del bulbo durante el primer año (Montas, 1991; Maroto, 2002).

3.1.3.6. Inflorescencia y flores

Las flores hermafroditas, pequeñas, verdosas, blancas o violáceas, que se agrupan en umbelas, constan de una corola formada por seis pétalos,

un cáliz con seis sépalos, y un androceo con seis estambres, con ovario súpero y trilocular. El escapo floral de la cebolla termina en una umbela simple, donde se pueden formar entre 200 a 2 000 flores (García, 1997; Ott, 2010).

3.1.3.7. Fruto

El fruto de la cebolla es una cápsula, tiene tres caras, de ángulos redondeados, que contienen las semillas, son de color negro, angulosas, aplastadas y de superficie rugosa (Rosello & Santamarina , 2012).

3.1.4. Ciclo vegetativo

3.1.4.1. Crecimiento herbáceo

Comienza con la germinación, formándose un tallo corto, donde están insertadas las raíces y en él, se localiza un meristemo que da lugar a las hojas. Durante esta etapa tiene lugar el desarrollo radicular y foliar de la planta (Maroto, 2002).

3.1.4.2. Formación de bulbos

Se inicia con la detención del crecimiento del sistema vegetativo aéreo y la movilización, 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 esta etapa tiene lugar la hidrólisis de proteínas; así como la formación de glucosa y fructosa que se almacenan en el bulbo. Para esta fase se requiere fotoperiodos largos y si la temperatura durante este proceso se eleva, esta etapa se acorta (Ott, 2010).

3.1.4.3. Reposo vegetativo

El bulbo maduro se encuentra en latencia y la planta no se desarrolla. Una vez puestos los bulbos en la tierra y superado el reposo absoluto con condiciones favorables de temperatura y humedad, se produce la brotación y emisión de raíces. Los fenómenos de latencia y brotación del bulbo están regulados por un balance endógeno de promotores e inhibidores del crecimiento. El inhibidor sería producido por las hojas y luego se trasladaría al bulbo. Existe una práctica cultural que consiste en eliminar las hojas antes de la cosecha para acortar el período de letargo (Gorini & Gorini, 2013).

3.1.4.4. Reproducción sexual

Se suele producir en el segundo año de cultivo. El meristemo apical del disco se desarrolla gracias a las sustancias de reserva acumuladas en el bulbo, se desarrolla un tallo floral (escapo floral), localizándose en su parte terminal una inflorescencia en umbela (Ott, 2010).

3.1.5. Requerimientos edafoclimáticos

3.1.5.1. Clima

La cebolla se adapta muy bien a diferentes temperaturas, se desarrolla bien en climas cálidos, templados y fríos, el clima apropiado es el cálido, produce mejor a altitudes arriba de los 900 msnm, en ambientes secos y luminosos y una temperatura entre los 18 y 25 °C, y con una baja humedad relativa para favorecer la maduración de bulbos (Castillo, 1999; MINAGRI, 2012).

El mejor crecimiento y calidad de la cebolla, se realiza a temperaturas templadas durante el desarrollo vegetativo (desde la germinación hasta el inicio de la bulbificación) favoreciendo que en esta etapa las temperaturas no superen los 24 °C. Posteriormente deben ser más altas para favorecer el crecimiento y desarrollo del bulbo. La cebolla es sensible al fotoperiodo, siendo las de días cortos que desarrollan el bulbo con 10 a 12 horas luz, las de días intermedios de 13 a 14 horas y las variedad de días largos de más de 15 horas (Maroto, 2002).

3.1.5.2. Suelo

Según Suquilanda (1995), la cebolla se adapta bien a diferentes tipos de suelo, siempre que sean: De buena textura francos, franco arenoso,

franco limoso, fértiles y con buen drenaje. Con buen contenido de materia orgánica 3 %. La cebolla prefiere un pH cercano al neutro 6,00 a 7,00. Es poco tolerante a los contenidos de sal en el suelo.

3.1.6. Variedades

En el mercado internacional de la cebolla existen, fundamentalmente, tres variedades principales: cebolla blanca, cebolla amarilla y cebolla rosada. Localmente el que predomina es el bulbo de color rosado, cultivares locales como Arequipeña, Perilla, Camaneja, Americana Lurín; cultivares introducidos como Sivan, Rosita, Pantera Rosa; para exportación se emplea cultivares de bulbo color amarillo, cultivares como Pegasus, Century, Nirvana, Caramelo; algunos cultivares de bulbo color rojo como Matahary, Red Bone y cultivares de bulbo blanco no se siembra, principalmente son destinados a la industria del deshidratado.

3.1.7. Manejo agronómico

3.7.1.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno debe de iniciarse paralelamente a la siembra del almacigo entre 45 en verano y 60 días en invierno antes de la fecha prevista para el trasplante. La profundidad efectiva del arado del suelo debe tener entre 15 a 20 cm, por la corta longitud de las raíces. El

arado debe realizarse siguiendo el sentido en el que se harán los surcos de riego para evitar formación de hoyos o bordes transversales de los mismos (Del Monte, 1997).

3.1.7.2. Siembra

Método y época de Siembra

Por Trasplante: Este es el método de siembra es el más usado. Para la obtención de las plántulas, es necesario preparar semilleros, camas de almacigo y/o bandejas de propagación en vivero.

Época de siembra: Todo el año, con repuntes en los meses octubre, noviembre y diciembre (MINAGRI. 2012).

3.1.7.3. Almacigado

Se necesita la conformación de los llamados semilleros o almácigos que representan el lugar inicial donde se coloca la semilla para que cumpla su primera etapa de desarrollo y posterior traslado al campo de siembra. La cantidad de semilla recomendada es de 30 a 40 g/m² de semillero. La forma tradicional de la cama de almacigo usado para el cultivo es el tipo era y surco. La cebolla dura en estas condiciones 45 días para luego ser trasplantada al campo definitivo. Se necesitan

aproximadamente de 90 a 100 m² de semilleros para trasplantar una hectárea (Aljaro, 2001; Corpeño, 2004).

3.1.7.4. Trasplante

A los 45 días después del almacigado cuando la planta alcance 0,15 a 0,2 m, se realiza el trasplante; obteniéndose aproximadamente de 1 000 a 1 200 plantas/m² de semillero, es importante que las camas de almacigo se encuentren limpias de malas hierbas, debido al crecimiento tardío de las plantas de cebolla y su escaso grosor. La plantación se puede realizar a mano o con trasplantadora, el trasplante se realiza colocando una planta por golpe. Se dejará 0,10 a 0,12 m entre líneas y 0,7 a 0,10 m entre plantas dentro de la misma línea distanciada entre surcos de 50 - 60 cm (Aljaro, 2001).

3.1.7.5. Control de malezas

El control de malas hierbas es vital para obtener una buena cosecha, pues estas presentan una fuerte competencia con el cultivo, debido principalmente al corto sistema radicular que presenta la cebolla. Se debe realizar constantes desmalezados con objeto de airear el terreno, interrumpir la capilaridad y eliminar malas hierbas. La primera se realiza apenas las plantitas hayan alcanzado los 10 cm de altura y las demás,

cuando sea necesario y siempre antes que las malas hierbas invadan el terreno (Galmarini, 2002).

3.1.7.6. Abonado

En suelos poco fértiles se producen cebollas que se conservan mejor, pero naturalmente, su desarrollo es menor. Para cosechar bulbos grandes se necesitan tierras bien fertilizadas. No debe cultivarse las cebollas en tierras recién estercoladas, debiendo utilizarse las que se estercolaron en la campaña anterior. Se recomienda utilizar de 20 a 30 toneladas de estiércol por hectárea y se debe incorporar al momento de la preparación del terreno.

3.1.7.7. Fertilización

Una característica del cultivo es que presenta un sistema radicular muy superficial, para lo cual la aplicación de fertilizantes debe hacerse en una forma acorde con esta característica. Los fertilizantes deben incorporarse al terreno mezclado con la materia orgánica, como estiércol, logra que la planta disponga en sus primeras etapas de desarrollo una disponibilidad adecuada de elementos minerales, principalmente fósforo y potasio. Se recomienda aplicar por hectárea 20 a 30 toneladas de estiércol mezclado con 50, 100 y 180 kg de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. Todo incorporado con el último pase de maquinaria para luego hacer

fertilizaciones por ciclos de nitrógeno, a los 25 y 35 días, en cantidades de 50 y 60 kg por hectárea respectivamente (Mendoza, 2015).

Nitrógeno: La absorción de nitrógeno es muy elevada, la aplicación adecuada de nitrógeno es necesaria para un mejor crecimiento y desarrollo de la cebolla, influye sobre el tamaño del bulbo. Por regla general, basta con un abastecimiento días antes del engrosamiento del bulbo y después del trasplante, si fuese necesario. El nitrógeno mineral ayuda a la conservación, sucediendo lo contrario con el nitrógeno orgánico. El exceso de nitrógeno da lugar a bulbos más acuosos y con mala conservación (Amaya & Mendes, 2012).

Fósforo: La necesidad del fósforo es relativamente localizada y se considera que es bastante su aplicación en la fertilización de fondo. Se debe tener en cuenta que el fósforo está afín con la calidad de los bulbos, resistencia al transporte y mejor conservación (Mendoza, 2015).

Potasio: Las cebollas necesitan altas cantidades potasio, ya que favorece el desarrollo y la acumulación de azúcar en el bulbo, afectando también a la conservación, el potasio es más requerido por la planta en relación al contenido de materia seca, superando mínimamente al nitrógeno (Amaya & Mendes, 2012).

Calcio: la aplicación de calcio no es por norma necesario, si el terreno responde a las exigencias naturales de la planta.

3.1.7.8. Riego

El riego se debe realizar inmediatamente después de la siembra o trasplante. Posteriormente los riegos serán indispensables a intervalos de 7-15 días. El número de riegos es menor en las siembras realizadas a finales del verano y comienzos de otoño ya que se desarrollan durante el invierno y primavera, y es mayor para las segundas siembras puesto que su vegetación tiene lugar sobre todo en primavera o verano. El déficit hídrico en la última fase de la vegetación favorece a la conservación del bulbo, pero le otorga un sabor más picante. Los riegos se interrumpirán de 15 a 30 días antes de la recolección (Sanchez & Pezzola, 2011).

3.1.8. Plagas y enfermedades

3.1.8.1. Plagas

A. Gusanos cortadores (*Agrotis spp*, *Spodoptera spp*)

Estos causan daño, especialmente en el semillero, donde cortan las plántulas. En plantaciones establecidas, pueden atacar y perforar las hojas. Se combaten con insecticidas granulados aplicados al suelo, en el semillero como en el momento del trasplante (Laguna & Lopez, 2004).

B. Trips (*Thrips tabaci*)

En veranos cálidos y secos es frecuente la invasión, puede proliferar y producir notables daños. Las picaduras de las larvas y adultos terminan por amarillear y necrosar las hojas. Si el ataque es intenso, la planta puede llegar a marchitarse y morir, sobre todo si éste tiene lugar en las primeras fases de desarrollo de las plantas (Latorre, 2010).

C. Nemátodos (*Dytolenchus dipsaci*)

Las plantas pueden ser atacadas en cualquier fase de desarrollo, principalmente en los tejidos jóvenes. Las plantas interrumpen su crecimiento, se doblan y pierden color. Provocan algunas hinchazones y la epidermis puede llegar a abrirse, en bulbos algo más desarrollados el tejido se blandean y ahuecan en las proximidades de la parte superior (Coca, 2016).

3.1.8.2. Enfermedades

A. Mildiu (*Peronospora destructor o schleideni*)

En las hojas tiernas aparecen unas máculas alargadas que se cubren de un polvillo violáceo. Las altas temperaturas y humedad relativa elevada favorece el desarrollo de esta enfermedad, como consecuencia, los extremos superiores de las plantas mueren totalmente y los bulbos no

llegan a madurar. Si la humedad relativa se mantiene alta dará lugar a una epidemia. Esta enfermedad se propaga por los bulbos, renuevos infectados, semillas o por el suelo (Maeso, 2005).

B. Roya (*Puccinia sp.*)

Su importancia suele ser bastante sensible y por tanto en la mayoría de las ocasiones suele ser grave cuando se realiza el monocultivo. Los primeros síntomas aparecen a principios de mayo. Origina manchas pardo-rojizas que después toman coloración violácea, en las cuales se desarrollan las uredosporas. Las hojas se secan rápidamente como consecuencia del ataque. La enfermedad parece ser más grave, en suelos ricos en nitrógeno, pero deficientes en potasio (Lardizabal, 2007).

3.1.9. Cosecha

Un índice de madurez para realizar la cosecha es el doblado del follaje de la plantación, en este momento se debe cortar los riegos con el objetivo de acelerar la madurez del bulbo. Cuando el 70 % de la plantación ha doblado el follaje es el momento de realizar el arrancado de las cebollas. Esta se realiza jalando la planta y cortando el follaje a nivel del cuello para su posterior ensacado y transporte. La cebolla que se destina para almacenamiento se debe secar bien la cubierta y el interior del bulbo y que el cuello pierda suficiente humedad para permitir una

mejor conservación en almacén. Esta se puede mantener a temperatura ambiente cálida 26 a 28 °C o en cavas de refrigeración de 1 a 3 °C durante cierto periodo de tiempo que va de 1,5 a 3,5 meses más dependiendo de las variedades. La cosecha se realiza a los 120 -150 días después del trasplante (MINAGRI, 2013).

3.1.10. Postcosecha

3.1.10.1. Calidad

- Cuello y escamas maduras.
- Firmeza.
- Diámetro polar y ecuatorial (tamaño del bulbo).
- Ausencia: de pudrición por daño de hongos y bacterias, daño de insecto, escaldado de sol, bulbos verdes, bulbos brotados, daño por congelamiento, magulladuras y otros defectos.
- Grado de pungencia (Furlani & Rivero, 1997).

3.1.10.2. Temperatura óptima

El curado se realiza en el campo, a una temperatura de 24 °C, cuando las condiciones del campo no son las adecuadas y se quiere acelerar este proceso, se realiza un curado con aire forzado durante un tiempo de 12 horas y a una temperatura de 30 a 45 °C. Asimismo el almacenamiento

de cebollas menos astringentes: de 0,5 a 1 mes a 0 °C, cebollas más astringentes típicamente de 6 a 9 meses a 0 °C dependiendo del cultivar (MINAGRI, 2013; Furlani & Rivero, 1997).

3.1.10.3. Humedad relativa óptima

Para el curado la humedad óptima varía entre 75 a 80 % para un mejor desarrollo del color de las escamas. Para el almacenamiento se requiere una humedad de 65 a 70 % con una adecuada circulación de aire (1 m³/min/m³ de cebollas) (Furlani & Rivero, 1997).

Se pueden conservar amontonadas, formando una capa de 80 cm de espesor, aislada del suelo mediante un entramado de madera en almacenes siempre secos y ventilados especialmente ideados al efecto; siendo importante mantener la temperatura baja, el ambiente seco y una buena ventilación como requisitos indispensables para una buena conservación de los bulbos (MINAGRI, 2013).

3.1.10.4. Comercialización

La cebolla seca se comercializa en sacos de malla rojiza y con un peso aproximado de 25 a 30 kg. Los bulbos son seleccionados y clasificados por tamaños para su comercialización dependiendo de las preferencias del mercado (MINAGRI, 2013; Furlani & Rivero, 1997).

3.2. Las sustancias húmicas

Las sustancias húmicas, se halla en la gran influencia que tienen sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos, tanto en forma directa como indirecta. Los efectos directos se relacionan con la absorción de las sustancias húmicas por las plantas cultivadas y los cambios que promueven en el metabolismo de las mismas, los efectos indirectos se puntualizan a la importancia de las sustancias húmicas en el mejoramiento de la fertilidad del suelo y específicamente en las propiedades físico-químicas y biológicas del mismo, lo cual finalmente puede reflejarse en una mayor tolerancia de la planta al estrés ambiental y una mejor producción y calidad en las cosechas (Rodríguez, 2014).

Las sustancias húmicas en el suelo ayudan a mejorar la actividad microbiana del mismo (bacterias, hongos y actinomicetos), lo cual resulta en las mejores condiciones para la renovación de las raíces y consecuentemente de la planta. Asimismo aumentan la capacidad de retención de humedad, mejoran la capacidad de intercambio iónico, elevan la disponibilidad de los macro y micronutrientes por medio de la quelatación, contribuyen en la formación de la estructura granular del suelo, favorecen en la degradación o inactivación de sustancias tóxicas,

mejora la capacidad amortiguadora o poder tampón del suelo en el pH en las sales, entre otros efectos (Rodríguez, 2014).

Las sustancias húmicas, son compuestos de color que van de amarillento a negro, amorfos, muy polimerizados, con peso molecular muy elevado, tienen naturaleza coloidal, presentan núcleos de carácter aromático y propiedades refractarias. Son producto del proceso de humificación de la materia orgánica en descomposición. Este proceso se presenta de manera natural en el suelo, cuando se incorpora cualquier fuente de materia orgánica (como guano de rumiantes, humus de lombriz). La obtención de sustancias húmicas a partir de esta aplicación, toma de 2 a 3 años, es por eso que la orientación actual es la aplicación directa de sustancias húmicas, para obtener de manera inmediata sus beneficios y ventajas (Cerisola, 2015).

Las sustancias húmicas son materiales orgánicos presentes en medios acuáticos y terrestres. Las principales sustancias húmicas son: los ácidos húmicos, fúlvicos y hematmelánicos, que poseen grupos funcionales, energía y nutrientes que al aplicarse al suelo y a las plantas estimulan el crecimiento vegetal interviniendo directamente en mecanismos como la formación de raíces adventicias, en la síntesis de proteínas, la división

celular, entre otras, e independientemente en la disponibilidad de iones y su traslocación dentro de las plantas (Rodríguez, 2014).

Las sustancias húmicas no se fabrican, sino que se forman de modo natural a partir de la materia orgánica. Dentro de la materia orgánica de tipo sedimentario son de especial interés las turbas, lignitos y Leonardita, ligadas al proceso de formación del carbón. El carbón consiste en distintos tipos de humus, en un estado de descomposición avanzado, que se formaron durante épocas prehistóricas. Los distintos tipos de carbón que existen, se han formado en distintas fases de evolución (carbonización). Las sustancias húmicas de este origen son similares a las del suelo, aunque su complejidad puede venir aumentada por el proceso de carbonificación. La Leonardita es una forma oxidada del carbón de origen lignítico, formada principalmente por sales de ácidos húmicos. Es un material de color marrón parecido al carbón blando (Rodríguez, 2014).

Las sustancias húmicas son absorbidas por las plantas y semillas estas intervienen en su metabolismo. Esto favorece la germinación de las semillas, el crecimiento radical, la absorción de nutrientes. A su vez, las sustancias húmicas están constituidas por tres fracciones en función de su solubilidad en agua con el pH (Castañeda, 2010).

3.2.1. Origen de las sustancias húmicas

Las sustancias húmicas se originan a partir de acumulaciones naturales, de plantas y animales, que se incorporan en la tierra, compostas, biodigestores, la descomposición de la materia orgánica está influenciada fundamentalmente por los microorganismos del suelo. Este procedimiento constituye dos formas, la mineralización, que comprende la entrada de los nutrientes desde su forma orgánica a inorgánica, que es utilizada por los cultivos, y la segunda es la humificación que consiste en reacciones y procedimientos que propician la síntesis de las sustancias húmicas (Rodríguez, 2014).

3.2.1.1. Influencia de las sustancias húmicas en el crecimiento y desarrollo de la planta

Las sustancias húmicas intervienen en el desarrollo, nutrición mineral, en la producción y el metabolismo de las plantas, afectan positivamente la germinación de las semillas, la iniciación y formación de la raíz, mejoran el desarrollo de los brotes de las plantas. Las sustancias húmicas participan en la síntesis de ácidos nucleicos y en la respiración de las plantas, presentan un efecto positivo en la materia orgánica, en el crecimiento y la desarrollo de las plantas.

La aplicación foliar de las sustancias húmicas, muestran mejores resultados ya que son absorbidas rápidamente, estimulan el desarrollo de los meristemos apicales, ya que afectan algunos procedimientos bioquímicos de la pared celular. Las sustancias húmicas pueden funcionar como transporte de nutrientes al asociarse con los fosfolípidos de la membrana celular. Las sustancias húmicas intervienen en el intercambio de cationes; elevando la CIC del suelo, previenen la erosión, cuando interactúan con las arcillas y equilibran los agregados del suelo. Las sustancias húmicas tienen una gran importancia en la disponibilidad de los micronutrientes a las plantas, ya que forman complejos con los metales, por ejemplo, hierro, manganeso, zinc y cobre, mejorando la asimilación por las plantas del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. El uso de sustancias húmicas en suelos pobres en arcillas y materia orgánica, producen un desarrollo más notable en las plantas, atribuido en su mayoría a su capacidad para mejorar la retención de los macro y micronutrientes. Estimula la acción enzimática de la semilla, incrementando el porcentaje de germinación. Efectos positivos sobre el desarrollo de las raíces y los pelos radiculares de acuerdo con la expansión y profundidad de la raíz. Aumenta la permeabilidad de la membrana celular de las raíces de las plantas facilitando de esta manera, la absorción de los nutrientes. Mejora en el transporte de agua en la

planta, evitando la pérdida de agua. Incrementando el contenido de clorofila en las hojas. Ejerce una actividad estimuladora en la absorción de hierro en la raíz y la translocación a la parte aérea (brotes y hojas). Influye positivamente en el transporte de azúcares sobre la maduración, las sustancias húmicas tienen acción auxínica y citocínica (Pettit, 2017). Las sustancias húmicas tienen un efecto directo favorable sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Las sustancias húmicas muestran mayores efectos sobre las raíces que sobre la parte aérea (Cifuentes, 2006). El humus interviene en la capacidad de un suelo para retener y poner a disposición tanto aniones como cationes para las plantas. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) está proporcionada por los ácidos fúlvicos y húmicos afectando de manera positiva la disponibilidad de nitrógeno (en su forma amoniacal), potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc (Cerisola, 2015).

Las sustancias húmicas influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, al mejorar el crecimiento radicular ya que la elongación y la formación de los primeros pelos radicales son afectados por los materiales húmicos, ya sea por aplicación foliar o adición directamente al suelo (Cifuentes, 2006).

Los grupos carboxilos y los hidroxilos fenólicos y alcohólico de los Ácidos Fulvicos, son los responsables para la influencia de estos ácidos en la raíz de los hipocotilos, como un resultado de su actividad quelatante con el hierro. Los compuestos de bajo peso atómico (ácidos fúlvicos) median en la disposición de los iones metálicos, e intervienen el transporte hacia las raíces de la planta. Por el contrario, las sustancias de alto peso atómico (ácidos húmicos), funcionan como una "piel" para los cationes polivalentes. Las sustancias húmicas del suelo influyen específicamente de una manera indirecta en el crecimiento y desarrollo de la planta fundamentalmente por actividades físicas, químicas y fisiológicas (Cadena & Ochoa, 2011).

3.2.2. Absorción de sustancias húmicas

Para que las sustancias húmicas puedan ejercer sus efectos directos sobre el vegetal, deben ser absorbidas por las plantas. Los resultados obtenidos usando sustancias húmicas marcadas con ^{14}C han permitido observar que tanto los ácidos húmicos como los fúlvicos se pueden incorporar al material vegetal, sin embargo, los ácidos húmicos se suelen acumular en las raíces donde actúan principalmente y solo una pequeña fracción se transporta a la parte aérea (Guerrero, 1996).

Las sustancias húmicas favorecen el enraizamiento, ya que desarrollan y mantienen un sistema de raíces joven y vigoroso durante todo el ciclo de cultivo. El desarrollo de la raíz de la planta con aplicaciones de sustancias húmicas es enorme, y esto hace que su desarrollo sea mucho más rápido, ya que absorbe más nutrientes, y esto se refleja en una mayor producción. Este fertilizante orgánico, al desarrollar más raíces, también equilibra mejor la nutrición de las plantas, mejora el comportamiento de estas contra las condiciones salinas y ayuda a la eliminación de diversas toxicidades. Las raíces son esenciales para una planta, no podemos olvidar que sirven como ancla para el suelo. Las raíces de las plantas hortícolas son fasciculadas, fibrosas, sin distinguir una raíz principal. Las hortalizas están constituidos por una serie de raíces principales que van oblicuamente al suelo y de donde nacen las raíces secundarias (AGRARES, 2006).

Las sustancias húmicas tienen un gran número de sitios ionizables con propiedades ácido-base de gran interés para comprender la dinámica de estas sustancias húmicas, ya que están relacionadas con la mineralización de la materia orgánica del suelo, y el uso de los nutrientes (Zamboni *et al.*, 2006).

Las plantas absorben minerales y proteínas a través de los pelos radicales, un ion a la vez. La interacción entre los ácidos fúlvicos y los elementos minerales deben tomar lugar antes de que esta absorción pueda suceder (Baldotto & Borges, 2014; Armado *et al.*, 2009).

Cuando los minerales se ponen en contacto con los ácidos fúlvicos, en medio acuoso, los minerales son transformados a una forma iónica o asimilable para la planta. Estos minerales literalmente se hacen parte de los ácidos fúlvicos, pero cuando los elementos minerales son transformados a un elemento orgánico, a través de un proceso químico natural involucrando ácidos fúlvicos y fotosíntesis, esto lo hace seguros para ser usados tanto en humanos como en animales (Armado *et al.*, 2009).

3.2.2.1. Las sustancias húmicas en la producción de hortalizas

La deficiencia de la materia orgánica y, en consecuencia, de los ácidos húmicos y fúlvicos en los suelos, se hace obligatoria su aplicación. Con los problemas técnicos, logísticos y monetarios de los aportes de estiércoles como fuente de materia orgánica, los preparados a base de ácidos húmicos y fúlvicos son necesarios para mejorar la fertilidad y la eficiencia de los suelos. La leonardita es un lignito delicado con pH ácido, color oscuro y de origen vegetal. Es el material en bruto de las sustancias

húmicas, ya que tiene una sustancia impresionante de concentrado húmico agregado (Guerrero, 2012).

Las sustancias húmicas crean numerosas ventajas para los agricultores, ya que se interpreta que intervienen específicamente en el desarrollo de las plantas; sin embargo, no hay confirmación de que dichas sustancias intervengan en algunos procesos fisiológicos de la planta, por ejemplo, la formación de raíces adventicias, respiración de la raíz y síntesis de proteínas y de forma indirecta en la disponibilidad de los nutrientes y su translocación dentro de la planta, en otras palabras, se utilizan como suplidores y reguladores en la nutrición de las plantas, también como intercambiadores de iones sintéticos (quelatos), además, es importante considerar la capacidad de intercambio catiónico de las sustancias húmicas y las raíces de las plantas (Baldotto & Borges, 2014).

Las sustancias húmicas pueden ejercer efectos directos e indirectos sobre el crecimiento de las plantas. El efecto indirecto se relaciona con la capacidad de las sustancias húmicas de regular el flujo de nutrimentos por su alta capacidad de intercambio catiónico; solubilización de microelementos como el Fe, Zn, Mn, Cu y algunos macroelementos como el P, K y Ca. Además pueden reducir los niveles activos de elementos tóxicos y formar complejos orgánicos con herbicidas, fungicidas,

insecticidas y reguladores de crecimiento potencializando el efecto de estos, por lo que su eficiencia y rango de acción se incrementan (Arteaga *et al.*, 2014).

Al absorber pequeñas concentraciones de sustancias húmicas ocurre un estímulo en el desarrollo de raíces y en el crecimiento de las plantas, pues aparentemente estas sustancias aumentan la síntesis proteica y simulan la actividad hormonal en la planta. Al ingresar en la planta durante las primeras fases de crecimiento activan la catálisis respiratoria de las células, este fenómeno se atribuye a la presencia de oxiquinonas en las mismas, que aceptan el hidrogeno en la oxidación de sustancias en los tejidos vegetales. Igualmente alteran el metabolismo de los carbohidratos, pudiendo promover la acumulación de azúcares reducidos en la planta (Rosales *et al.*, 2015).

3.2.2.2. Efecto de las sustancias húmicas en las plantas

Las sustancias húmicas aumentan el desarrollo de los meristemos apicales de los brotes, cuando son aplicados foliarmente, presentando un efecto estimulante en el desarrollo meristemático, generalmente muestra una correlación con la respuesta radical (Dimas, 2009). Algunas investigaciones demuestran que, el peso seco de las raíces, los

meristemas y los nódulos, muestran una tendencia creciente, al uso de las sustancias húmicas (Guerrero, 2012).

Las sustancias húmicas presentan un efecto beneficioso en las plantas, como un aumento en la absorción de los macroelementos. El efecto directo de las sustancias húmicas en el desarrollo de las plantas se explica adicionalmente por la influencia de las sustancias en diferentes procesos bioquímicos en la pared celular, a nivel de la membrana o en el citoplasma. Incrementan la capacidad de penetración de la membrana celular, ya que después de la utilización de estas sustancias existe un aumento en la asimilación de iones. Producen cambios en la síntesis de ácidos nucleicos después de la utilización de sustancias húmicas. Esto se debe a que las sustancias húmicas estimulan la creación de ARNm, que es fundamental para algunos procesos bioquímicos en la célula. La acción de las sustancias húmicas en la membrana celular se identifica en la superficie de la misma, debido a la presencia de sitios hidrofílicos e hidrofóbicos. De esta forma, las sustancias húmicas interactúan con los fosfolípidos de las membranas y funcionan como transportadores de nutrientes a través de ellas (Baldotto & Borges, 2014).

Los efectos de las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal bajo condiciones de adecuada nutrición vegetal, muestran resultados positivos

sobre la biomasa de la planta y se menciona también que estas sustancias húmicas tienen mayores efectos sobre las raíces que sobre las partes aéreas. También se indica una respuesta superior de las sustancias húmicas y fúlvicas de origen natural, contra aquellas de procedencia comercial donde las primeras estimulan el crecimiento de tallos en varias plantas, cuando son aplicadas con soluciones nutritivas a diversas concentraciones (Rosales *et al.*, 2015).

3.2.3. Ácidos húmicos y fúlvicos

Los ácidos húmicos y fúlvicos son moléculas complejas y naturales, formados por la descomposición de la materia orgánica. Éstos inciden directamente en la riqueza de nutrientes del suelo, mientras tanto ayudan fundamentalmente a su solidez, elevando la asimilación de los nutrientes y, como resultado inmediato, se tiene un crecimiento y desarrollo ideal de la planta (Pettit, 2017).

3.2.3.1. Importancia de los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos en los cultivos

Previenen la compactación del suelo, ayuda a la absorción de los nutrientes del suelo a la planta, incrementan la retención de agua en el suelo. Aceleran la germinación de las semillas e incrementan la fauna presente en el suelo, los ácidos húmicos retienen agua a unas veinte

veces su peso, incrementan la capacidad de intercambio catiónico y aniónico del suelo y con ello su capacidad para suministrar nutrientes a las plantas y, además, su almacenamiento en el suelo. Los ácidos húmicos y fúlvicos influyen claramente en las raíces, más que en la parte foliar, mejoran el balance nutricional del suelo, incrementando la absorción del fósforo y los micronutrientes. La utilización foliar de ácidos húmicos y fúlvicos ayuda rápidamente en la corrección de las deficiencias nutricionales de las plantas, generando un mayor desarrollo de las raíces con más pelos absorbentes, generando una disminución en la aplicación de los fertilizantes químicos, y un retorno económico para los productores (Dimas, 2009).

3.2.4. Ácidos húmicos

Las sustancias húmicas son los compuestos más ampliamente distribuidos en la superficie de la tierra. Se encuentran en el suelo, en los ríos y lagos. Constituye del 70 al 80 % de la materia orgánica del suelo, se originan de la degradación química y biológica de los residuos de plantas y animales y de la actividad sintética de los microorganismos. El humus está formado por los ácidos húmicos, humatos, ácidos fúlvicos, fulvatos y por la humina, aunque se sabe de que elementos están constituidos, su estructura química es de tal complejidad y variación, que

en el momento actual solamente se conocen aspectos parciales de la misma. Este fraccionamiento del humus en ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina está basado en su solubilidad (Pettit, 2017).

Los ácidos húmicos se caracterizan por ser una sustancia de color pardo oscuro, alto peso molecular, solubles en medios alcalinos, alto CIC en el suelo, menor penetración foliar y radicular, pero buena movilidad de los nutrientes en la planta (Restrepo *et al.*, 2014).

Los ácidos húmicos son muchos más activos bioquímicamente y los ácidos fúlvicos tienden a ser más activos geológica y químicamente. El equilibrio entre estas dos sustancias húmicas permitirá el máximo aprovechamiento. Los ácidos húmicos y fúlvicos, independientemente de su pH, presentan dos funciones (ácidas y nitrogenadas), que dan origen a dos sistemas tampón y amortiguador, que contribuyen a estabilizar el pH del suelo (Cerisola, 2015).

3.2.5. Ácidos fúlvicos

Son una sustancia natural, de bajo peso molecular y soluble en agua, se originan a partir del humus. Los ácidos fúlvicos son una mezcla compleja natural, que se originan a partir de hojas, ramas, troncos, etcétera, que se están descomponiéndose en el suelo, este proceso es realizado por microorganismos efectivos, formando ácidos fúlvicos. Estos

ácidos tienen la propiedad de formar sustancias de bajo peso atómico con iones de carga positiva, un proceso conocido como quelación, este proceso permite a las plantas almacenar vitaminas y minerales. Los quelatos son rápidamente asimilados por las plantas (Pettit, 2017). Los ácidos fúlvicos tienen un color oscuro amarillento y un bajo peso molecular, son solubles en medios ácidos, tienen una gran capacidad de intercambio catiónico, y proporcionan una mayor absorción de fósforo y micronutrientes, por ejemplo, Cu, Zn, Mn y Mg. La mayor absorción se realiza vía foliar y radicular. En zonas con alta precipitación cuando se aplican directamente al suelo y con un pH bajo, los ácidos fúlvicos pueden acelerar el lavado de los nutrientes (Restrepo *et al.*, 2014).

3.2.5.1. Funciones de los ácidos húmicos y fúlvicos en la agricultura

Según Castañeda (2010), la utilización de ácidos húmicos y fúlvicos en la agricultura tienen las siguientes funciones: Nutricional: a través del proceso de mineralización sirve como fuente del nitrógeno y azufre. Biológico: afecta positivamente la actividad de la biomasa del suelo. Física: promueve mejoras en la estructura del suelo, la porosidad, la permeabilidad, el intercambio gaseoso y la retención de la humedad del suelo. Química: mantiene un pH uniforme, presenta un factor quelatante,

eleva la capacidad de intercambio catiónico, influye en la bioactividad, la persistencia y la biodegradabilidad de los plaguicidas.

3.2.5.2. Ventajas y beneficios de la utilización de ácidos húmicos y fúlvicos en la agricultura

Según (Cerisola, 2015) las ventajas y beneficios de la aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos en la agricultura son las siguientes: Aumentan la capacidad de intercambio de cationes y la fertilidad del suelo, debido a su acción quelatante, hace que los nutrientes estén disponibles y sean asimilables para las plantas. Optimiza las formas de nutrición, actúan sobre las partes esenciales de las plantas. Incrementa población de microorganismos nativos y/o inoculados y mejoran la textura y la estructura del suelo.

3.2.5.3. Importancia de ácido húmico y fúlvicos en la nutrición vegetal

Contribuyen en la estabilidad y fertilidad del suelo, lo que provoca un excelente crecimiento de la planta y en el incremento en la absorción de nutrientes, razón por la cual son muy utilizados en la agricultura. El uso de las sustancias húmicas (principalmente los ácidos húmicos) incrementa el desarrollo sistema radicular, ya sea mediante la aplicación directamente al suelo mezclado con los nutrientes, o mediante la aplicación foliar. Las

sustancias húmicas también afectan positivamente el crecimiento de las plantas, ya que al ser absorbidas, influyen en diferentes procesos bioquímicos en la pared celular, a nivel de la membrana celular, o en el citoplasma (Baldotto & Borges, 2014). Los ácidos húmicos debido a sus propiedades de intercambio iónico pueden disminuir la concentración de sales en el medio y en consecuencia evitar daños por toxicidad en plantas, que normalmente ocurren debido a las altas concentraciones de sales (Dimas, 2009).

3.3. Sustancias húmicas comerciales

3.3.1. Golden black

CBI (2010), enmienda orgánica líquida que permite reemplazar en parte o completamente los estiércoles frescos (vacuno, pollo, gallinaza, etc.) contiene extractos húmicos totales, aminoácidos, algas marinas (fitohormonas naturales), macronutrientes y microelementos. Está diseñado para ser empleado por sistema de riego por goteo y gravedad.

3.3.1.1. Características.

Golden black: Es una enmienda orgánica líquida que aporta una elevada concentración de extractos húmicos (húmicos y fúlvicos), aminoácidos libres, algas marinas de la especie (*Ascophyllum nodosum*),

ricas en fitohormonas (citoquininas, giberelinas y auxinas), macronutrientes y microelementos (manganeso, zinc, y hierro), permite reemplazar parcial o totalmente los guanos y estiércoles frescos (vacuno, pollo, gallinaza, etc.) Golden black está diseñado para ser empleado por sistema de riego o gravedad en conjunto con la aplicación de NPK y microelementos durante todas las etapas fenológicas de los cultivos, lo cual lo cual permite disminuir la dosis de 15 a 20 % del abonamiento (NPK). Asimismo ayuda a la retención de agua y nutrientes, descompacta los suelos arcillosos y cohesiona los arenosos. Golden black aumenta la capacidad del intercambio catiónico, forma complejos asimilables y mejora la nutrición.

Tabla 2. Composición química de Golden black

Composición	P/P
Extractos húmicos total	18,00 %
Ácidos fúlvicos	15,00 %
Ácidos húmicos	2,70 %
Aminoácidos totales	1,00 %
Extractos de algas	0,40 %
Nitrógeno (N)	1,00 %
Calcio (Ca)	1,00 %
Potasio (K ₂ O)	1,70 %
Cobre (Cu)	0,03 %
Manganeso (Mn)	0,10 %
Zinc (Zn)	0,10 %
Hierro (Fe)	0,10 %
Azufre (S)	0,40 %

Fuente: Corporación Bioquímica Internacional (2010).

3.3.2. Humic acid

3.3.2.1. Características

Humic acid, es un producto natural, elaborado por un complejo de moléculas orgánicas, formado por la descomposición de la materia orgánica del suelo. Obtenido de arenas rútiles de minas ubicadas al noreste de Florida y Georgia (EE. UU.), siendo consideradas como las de mayor calidad entre todos los productos comerciales accesibles en el mercado. Humic acid complementa la aplicación de los fertilizantes al suelo, y es un gran vehículo para la asimilación y transporte de los nutrientes de aplicación foliar y edáfica (efecto quelatante).

3.3.2.2. Propiedades

Humic acid potencia el crecimiento vigoroso de las raíces, incrementando la actividad microbiana en el suelo. Aumenta la capacidad del suelo para la retención de la humedad, mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo, aumentando la disponibilidad y la absorción de elementos nutritivos del suelo. Asimismo mejora las características de los suelos salinos y con problemas de toxicidad. Poseen un efecto amortiguador en las plantas que se desarrollan en suelos salinos. Incrementa la germinación de semillas y vigoriza el desarrollo de la planta, acelerando la división celular, incrementando la

formación de las raíces y elevando el contenido de materia seca (CONAGRA, 2010).

Tabla 3. Composición química de Humic acid

composición	%
Ácidos húmicos	12
Ácidos fúlvicos	3

Fuente: (CONAGRA, 2010).

3.3.3. Humifarm plus

3.3.3.1. Características

Humifarm plus es un fertilizante orgánico biológico en forma líquida con alta concentración de ácidos húmicos, fúlvicos, sustancias húmicas benéficas, además de macro y microelementos. Incrementa la permeabilidad de las membranas celulares de los tejidos vegetales, aumenta la actividad de los nutrientes del suelo, así mismo mejora la eficiencia de los plaguicidas agrícolas, facilitando su absorción en la planta. Humifarm plus favorece la absorción de nutrientes a través de las raíces optimizando el uso de fertilizantes, estimulando el crecimiento de la raíz y de los microorganismos desbloquea los nutrientes que no se encuentran en forma asimilable por la planta (nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, manganeso, etc.), permitiendo un ahorro en la dosis de otros fertilizantes pues mejora la absorción por la planta y facilita su transporte

hasta los lugares donde los nutrientes son necesarios para el adecuado desarrollo vegetal. Humifarm plus regula el pH neutralizando las sales fitotóxicas.

3.3.3.2. Sistemas de aplicación

En fertirrigación a través del riego por goteo, en drench aplicado al suelo a pie de planta y a través del riego por aspersión. Para aplicaciones foliares utilizar de 1 a 2 litros/cilindro de 200 litros de agua tratando de mojar bien la planta y el suelo a pie de planta, la aplicación debe hacerse de preferencia luego de un riego cuando el suelo este húmedo para permitir una mayor traslocación del Humifarm plus y facilitar su ingreso a la planta a través de los pelos absorbentes de las raíces.

3.3.3.3. Dosis y momentos de uso

Tabla 4. Momentos de aplicación de Humifarm plus

Cultivo	Dosis	Momento de uso
Espárragos, ajíes, pimientos, jalapeños, paprikas, sandías, melones, pepinillos, tomates, lechugas, nabo, rabanito, poro, apio, col, espinaca, coliflor, brócoli, cebollas, ajos.	Fertirrigación: 30 a 60 litros/ha. 3 a 5 aplicaciones con intervalos de 15 a 20 días.	1a. Luego del prendimiento de la plántula en el campo definitivo o cuando su emergencia y desarrollo inicial haya concluido y repetir las aplicaciones cada 15 a 20 días.

Fuente: (FARMAGRO, 2010).

3.3.4. Pow humus

3.3.4.1. Características

Es una sustancia que está compuesta de ácidos húmicos y un estimulador de crecimiento, corrector de la carencia del suelo de alta calidad, es 100 % soluble en agua, se aplica a hortalizas, frutales flores, céspedes y cereales, las aplicaciones se realizan de forma foliar y directamente al suelo. Pow humus es una sustancia que permanece en el suelo, no es degradada de forma rápida por los microorganismos del suelo, puede aplicarse mezclado con fertilizantes y/o solo sin mezcla (SOLTAGRO, 2012).

Tabla 5. Composición y características físico química de Pow humus

Composición	P/P
Humatos de potasio	80-85 %
Potasio (K ₂ O; materia seca)	10-12 %
(N) orgánico	1,00 %
Materia seca	Aprox. 85-90 %
Hierro (Fe)	1,00 %
Otros	1,10 %
El tamaño de partículas no solubles	< 100 Microns
Solubilidad en gua	100,00 %
Densidad	ca. 0,55 kg/L
CIC	400-600 meq/100 g
Valor pH	9-10,5 %
Forma de producto	Polvo soluble en agua

Fuente: (SOLTAGRO, 2012).

3.3.4.2. Beneficios

Pow humus estimula el crecimiento de las plantas elevando la producción de la biomasa, elevando el rendimiento de las plantas y mejorando la calidad de los frutos, corrige las carencias en suelos ligeros y pesados. Al tener una forma granulada fina y cristalino es transportado fácilmente, se aplica a todos los cultivos, así mismo aumenta la eficiencia de asimilación de los nutrientes del suelo y por lo tanto disminuye los gastos de los mismos, estimula la actividad enzimática de las plantas. Aumenta la capacidad de retención de humedad y mejora la estructura del suelo, aumentando y estimulando la actividad microbiológica de los suelos. Incrementa la capacidad del intercambio catiónico (CIC), mejorando la absorción de los fertilizantes y reduciendo las pérdidas de nutrientes, especialmente la lixiviación de nitrato. Aumenta la germinación de semillas y mejora el desarrollo radicular de las plantas y aumenta la permeabilidad de las membranas celulares de las raíces e incrementa la absorción de los nutrientes. Actúa como quelato natural para los microelementos en suelos alcalinos y aumenta la disponibilidad para las plantas., reduciendo el estrés causado por déficit hídrico y estrés causado por la aplicación fitosanitaria. Reduce los residuos de los herbicidas y de sustancias tóxicas en el suelo y retrasa la descomposición de los agentes inestables a los rayos ultravioletas (SOLTAGRO, 2012).

3.3.4.3. Recomendaciones de aplicación

Al ser 100 % soluble en agua, no atasca los mochilas y pulverizadores que se utilizan para su aplicación, cuando se aplica por sistema de riego no obturan los goteros ya que el tamaño de las partículas en suspensión de la solución es de < 100 micras. Se aplica directamente al suelo o mezclados con fertilizantes solubles como (N, P, K y DAP o urea), así mismo también se mezclan con herbicidas. Se recomienda agua limpia para la preparación de la solución, se debe realizar pruebas de miscibilidad antes de su aplicación.

Para las aplicaciones que se realizan directamente al suelo se recomienda una dosis de 4 a 6 kg/ha por año, en suelo arenosos se puede aplicar de 6 a 8 kg/ha por año, las aplicaciones deben ser frecuentes a bajas dosis, se puede mezclar con otros productos, sustratos (turba, arena y compost) con una dosis de $\frac{1}{2}$ a 1 kg/m³, con el objetivo de incrementar la actividad microbiológica del suelo. Para aplicaciones de superficie mezcle la cantidad recomendada en profundidades hasta 10 cm. Para aplicaciones por sistemas de riego, se utiliza una concentración de 0,5-1 kg/1 000 litros. También se puede agregar fertilizantes foliares o fitosanitarios. Se debe realizar de 2 a 4 aplicaciones por campaña. Para el tratamiento de semillas, se debe mezclar las semillas en una solución de

0,01-0,03 % y un pH de 7 a 7,5 y una temperatura de 20 °C, por un tiempo de 8 a 10 horas. Aplicar de 10 a 20 g de Pow humus por 100 kg de semillas. Protección UV, se mezcla 400 g en 400 litros de agua y 1 m de altura de copa (SOLTAGRO, 2012).

3.4. Antecedentes

Martínez (2010), reveló que la aplicación de los ácidos húmicos potenció significativamente, la mejor respuesta en la fertilización foliar en la producción del cultivo de fréjol variedad Parachí en Cárpela – Imbabura, en las variables: altura de planta a la madurez fisiológica con 68,17 cm; días a la madurez fisiológica con 83 días, número de vainas por planta con 15 vainas/planta, número de granos por vaina con 6 granos/vaina, y rendimiento de 3,14 t/ha. Asimismo se obtuvo resultados significativos en la producción del cultivo de fréjol variedad Canario en las variables: altura de planta a la madurez fisiológica con 49,13 cm; días a la madurez fisiológica con 93 días, número de vainas por planta con 12,33 vainas/planta, número de granos por vaina con 5 granos/vaina, y rendimiento de 2,49 t/ha.

Ríos (2015), en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de tres dosis de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Grand Rapids

Waldeman-Strain, en la provincia de Lamas, departamento San Martín. Utilizó el diseño estadístico de Bloques Completamente al azar (DBCA) con cuatro bloques, cuatro tratamientos y con un total de 16 unidades experimentales. El análisis estadístico realizó con los niveles de confianza al 95 % y 99 %. Utilizó un tratamiento testigo (T_0) y tres tratamientos con 20, 40 y 60 l/ha^{-1} húmicos, fúlvicos con macro y micro elementos (Humifarm Plus) llego a las siguientes conclusiones: El Tratamiento T_3 (60 l/ha^{-1}) obtuvo los mayores promedios de rendimiento con 67 362,5 kg/ha^{-1} y peso de la planta, altura de planta, número de hojas por planta con 134,73 gramos, 23,0 cm, 5,1 hojas respectivamente.

Capula (2011), en su investigación realizada con el objetivo de determinar la efectividad de sustancias húmicas de Leonardita, en la calidad de cebolla tipo cambray (*Allium cepa* L.), en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, utilizo de la variedad "Eclipse"; y fueron trasplantadas en macetas de plástico, las que contenían 1 kg de la mezcla de peat moss con "perlita" como sustrato. Después de tres días del trasplante, se adicionaron fertilizantes químicos y los tratamientos que consistieron en 1, 2, 3, 4 y 5 ml/l^{-1} de agua aplicada de un ácido húmico y un ácido fúlvico de Leonardita (carbón más oxidado que el Lignito). El trabajo fue distribuido en un Diseño Experimental en Bloques al Azar, y agrego 11 tratamientos y con cinco repeticiones. Llegando a las

siguientes conclusiones: La aplicación de sustancias húmicas favoreció diferencias en longitud de la hoja, diámetro polar del bulbo así como del peso fresco de raíz comprobadas al realizar los contrastes ortogonales correspondientes. La aplicación de ácidos fúlvicos incrementó la magnitud y significancia de algunas correlaciones con el peso del bulbo factor determinante en el rendimiento, de tal forma que si se desea obtener productos con mejor calidad en la producción del cultivo este compuesto húmicos es la más recomendable.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación fue experimental

4.1. Ubicación del campo experimental

Se realizó en el centro experimental agrícola III – CEA III Los Pichones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias cuyas coordenadas son: latitud sur a 17° 39' 30" y longitud oeste de 70° 14' 22" a una altitud de 560 msnm.

4.2. Historia del campo experimental

Los cultivos de las campañas anteriores fueron:

2013 al 2015 rocoto, y en el 2016 quinua variedad salcedo INIA.

4.3. Material experimental

Como material experimental se utilizó plantas de cebolla variedad roja de Ilabaya; cuya semilla fue seleccionada en el anexo de Chipe y Chulibaya, distrito de Ilabaya, provincia Jorge Basadre y cuatro sustancias húmicas comerciales.

4.3.1. Características de la variedad

La cebolla roja llabaya presenta las siguientes características, sus formas pueden ser globular, redondas o elipsoidal, de un diámetro que fluctúa entre 3 a 12 cm, con un color rojo vivo y un sabor picante, esta variedad puede llegar a tener un rendimiento en promedio de 36 t/ha, presenta una gran adaptación en la estación de verano, produciendo bulbos entre los meses de febrero – abril, en los sectores de llabaya, Mirave, Chipe y Ticapampa, de la provincia de Jorge Basadre – Tacna.

4.3.2. Características de las sustancias húmicas

Son abonos orgánicos biológicos, obtenidos del proceso de la descomposición de la materia orgánica, de origen vegetal, participando activamente bacterias benéficas y enzimas biológicas con macro y micro elementos en forma orgánica. Mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y el estado nutricional de las plantas. Mejoran las aplicaciones de pesticidas al mejorar la calidad de las aguas duras.

4.4. Análisis físico químico del suelo

Se realizó el análisis físico - químico del suelo del campo experimental, en el Laboratorio de Análisis Químicos y Servicios E.I.R.L. en la ciudad de Arequipa – 2016, cuyos resultados se muestran en la tabla 6, donde se

puede apreciar que el pH es de 4,95 fuertemente ácido. El contenido de materia orgánica de 0,78 % es considerado muy bajo; la CE de 0,73 mS/cm es considerado como un suelo débilmente salino según lo señalado por Fuentes (1999), no afecta a los cultivos Honorato (1999). El contenido de nitrógeno fue de 0,04 % considerándose deficiente según lo señalado por Rodríguez (1992), el contenido de fósforo fue 172,9 ppm y según Fuentes (1999) es considerado un suelo con exceso de P, el Potasio fue 750 ppm es considerado como alto. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue 10,6 meq/100, esto hace que disminuya la disponibilidad de los nutrientes así lo indica (Soquimich, 2001).

Tabla 6. Resultados del análisis físico - químico de suelo del campo experimental

Cualidades generales		
Textura	F	Franco
Arena	59,2	%
Limo	11,8	%
Arcilla	29	%
Calcáreos		
CaCO ₃	0	%
pH	4,95	
CE (sales)	0,73	mS/cm
Nutrición principal		
Materia orgánica	0,78	%
N (total)	0,04	%
P	172,9	ppm
K	750	ppm
CIC	10,6	meq/100
Ca ⁺⁺	4,83	meq/100
Mg ⁺⁺	0,97	meq/100
K ⁺	1,85	meq/100
Na ⁺	0,25	meq/100

Fuente: Laboratorio de análisis químicos y Servicios E.I.R.L Arequipa (2016).

4.5. Condiciones meteorológicas

Los datos fueron obtenidos en la estación meteorológica principal Jorge Basadre Grohmann - Tacna, se consideró desde octubre del 2016 a febrero del 2017, fecha que se realizó la fase de campo del presente trabajo de investigación como se muestra en la (tabla 7).

Tabla 7. Datos meteorológicos registrados en el CEA III Los Pichones - Tacna

Meses	Temperatura °C		Humedad Relativa (%)	Precipitación mm	Heliofania (h/s)
	máxima	mínima			
Octubre	25	12	73,60	0,00	9,90
Noviembre	27	13	70,00	0,00	9,90
Diciembre	28	13	66,80	1,60	8,30
Enero	26,5	16,5	66,80	0,30	6,60
Febrero	27,9	16,7	66,00	0,40	9,70

Fuente: SENAMHI TACNA (2016-2017).

4.6. Tratamientos

Los tratamientos fueron:

t₀ = sin sustancia húmica

t₁ = Humic acid

t₂ = Humifarm plus

t₃ = Pow humus

t₄ = Golden black

Tabla 8. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos		Nominación
Nro.	Símbolo	Dosis (litros/cil)
1	t ₀	Sin sustancia húmica
2	t ₁	2 litros de Humic acid
3	t ₂	2 litros de Humifarm
4	t ₃	2 kg de Pow humus
5	t ₄	2 litros de Golden black

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Variables de respuesta

4.7.1. Altura de planta de cebolla (cm)

Se realizó la medición desde la zona de la unión de la base de las hojas (cuello) hasta el ápice de la hoja más larga, en centímetros de 10 plantas, en forma aleatoria de cada unidad experimental.

4.7.2. Diámetro ecuatorial de bulbo (mm)

Se realizó en el momento de la cosecha, tomando 10 muestras de cada unidad experimental con la ayuda de un vernier.

4.7.3. Diámetro polar de bulbo (mm)

Se evaluó en el momento de la cosecha, tomando 10 muestras de cada unidad experimental, con la ayuda de un vernier.

4.7.4. Rendimiento (t ha⁻¹)

Se obtuvo pesando el número total de los bulbos cosechados por unidad experimental, la que se transformó en toneladas por hectárea.

4.8. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos aleatorios, cuyo modelo aditivo es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

e_{ij} = Error experimental

4.9. Características del campo experimental

Las características del campo experimental fueron los siguientes:

4.9.1.1. Características de la parcela experimental

Largo: 24 m

Ancho: 24 m

Área total: 576 m²

4.9.1.2. Características de los bloques

Largo: 12 m

Ancho: 7,5 m

Área total: 90 m²

4.9.1.3. Características de la unidad experimental

Largo: 12 m

Ancho: 1,5 m

Área total: 18 m²

Distanciamiento entre plantas: 0,10 m

Distanciamiento entre filas: 0,75 m

Número de filas: 2

4.10. Aleatorización del campo experimental

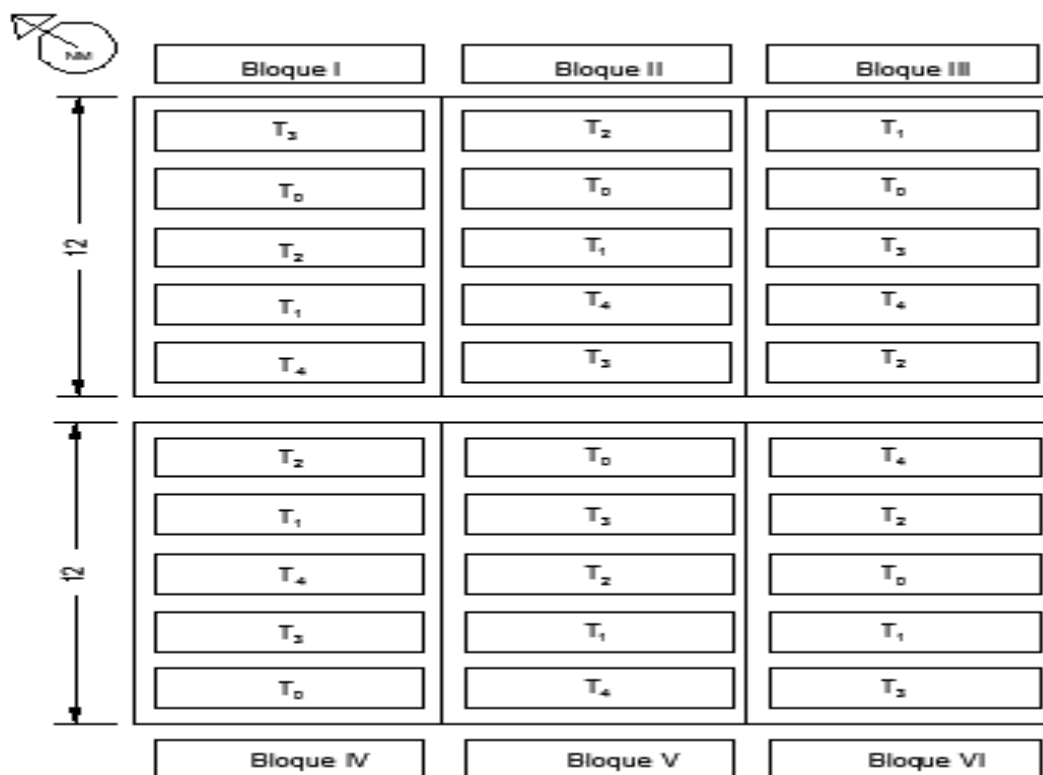


Figura 1. Croquis del campo experimental

Fuente: Elaboración propia.

4.11. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando la técnica del análisis de varianza, la prueba estadística fue F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01; para comparar los tratamientos se utilizó la prueba de comparaciones de medias Duncan con un nivel de significación de 0,05 y 0,01.

4.12. Conducción del cultivo

4.12.1. Almacigo

El almacigado se realizó en líneas de 24 metros de largo, el riego fue por goteo, se incorporó al suelo materia orgánica para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo. Para la siembra de las semillas se marcaron líneas de 1 cm de profundidad, las semillas fueron distribuidas uniformemente, con una separación de 10 a 12 cm entre línea.

4.12.2. Medición del campo experimental

Con la utilización de una wincha, de 50 m se realizó la medición del campo experimental y se colocaron estacas para delimitar las parcelas experimentales.

4.12.3. Preparación de terreno

Antes a la preparación se realizó el muestreo del suelo para el análisis de fertilidad. Luego se realizaron las siguientes labores: quema de rastrojos, aradura de discos, nivelación y surcado. Posteriormente, se incorporó materia orgánica (20 t/ha); luego los riegos respectivos a fin de acelerar la descomposición de materia orgánica por la intervención de microorganismos.

4.12.4. Trasplante

El trasplante se realizó con la ayuda de un rodillo que marca cada 10 cm entre plantas para lograr una mejor uniformidad en el distanciamiento entre plantas, a una profundidad entre 3 a 4 cm, cortando las raíces y hojas a 3/4 de la plántula para un mejor prendimiento; previamente se desinfectaron las plántulas contra la chupadera fungosa (*damping off*) (*Phyitium sp.*, *Rhizoctonia sp.* y *Phytophthora sp.*), aplicando el fungicida Rizolex (0,5 kg/cil).

4.12.5. Control de malezas

Se realizó deshierbos manuales cuando las malezas alcanzaron una altura de 5 a 10 cm, utilizando como herramienta una pala, se realizaron 6 deshierbos con una frecuencia de 20 días.

4.12.6. Fertilización

La fórmula de fertilización que se utilizó fue: 120; 80 y 150 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O. Según el análisis el suelo aportó con 4,38; 111 y 972 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente; siendo la fórmula final de: 120; 30 y 30 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O.

La fertilización se realizó de la siguiente manera:

- a. Primera fertilización, al trasplante de las plántulas, se aplicó un 1/3 del N, todo el potasio y fósforo.
- b. Segunda y tercera fertilización, se realizaron vía sistema de riego, utilizando un 1/3 de N en cada una. Las aplicaciones se efectuaron 15 y 30 días después de la primera fertilización.

4.12.7. Riegos

En el experimento se utilizó el sistema de riego por goteo, aplicándose riegos más frecuentes en los primeros días después del trasplante y luego riegos ligeros hasta el inicio de la cosecha.

4.12.8. Control de plagas y enfermedades

Se presentó poca incidencia de trips (*Thrips tabaci*) se controló realizando aspersiones foliares con: *Clorpirifos* (Tifón y Lorsban) a razón de 500 ml/cil, alternando con *Acetamiprid* (Rescate 20 SP) a razón de 0,1 kg/ha.

Para el ataque de mildiu (*Peronospora destructor*) se controló con: *Mancoceb* (Ridomil) a razón de 800 g/cil.

4.12.9. Aplicación de los ácidos húmicos

Se realizó tres aplicaciones foliares de las sustancias húmicas durante la campaña del cultivo y fueron de la siguiente manera:

- a. primera aplicación: Los ácidos húmicos se aplicaron cuando la plántula ha prendido, de una a dos semanas después de haber realizado trasplante.
- b. segunda aplicación: se realizó cuando la planta estuvo en crecimiento, esta fue a los 15 días después de la primera aplicación.
- c. tercera aplicación: se realizó cuando estuvo en pleno desarrollo del bulbo o en la bulbificación.

4.12.10. Cosecha

La cosecha se realizó a los 120 días después del trasplante, en forma manual de acuerdo a los índices de madurez de color uniforme y brillante. Asimismo, se tomó en cuenta que el 80 % de tallos se doblaron, y cuando alcanzó su plena madurez comercial.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Altura de planta (cm)

El análisis de varianza de altura de planta de cebolla variedad roja llabaya, se realizó con los datos registrados en campo; y son expresados en centímetros, (Ver anexo 2).

Tabla 9. Análisis de varianza para altura de planta (cm), cebolla var. Roja llabaya

F de V.	gl	SC	CM	Fc	F $\alpha = 0,05 - 0,01$
Tratamientos	4	670,02	167,5	15,67	2,87 4,43 **
Bloque	5	112,26	22,45	2,10	2,71 4,10 ns
Error	20	213,77	10,69		
Total	29	996,05			

CV. = 6,58 % ** = significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, el análisis de varianza de altura de planta, indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques. Para los tratamientos se encontró diferencias altamente significativas, indicando que hay diferencias reales entre sus promedios de altura de planta, con un nivel de significación del 1 %. El coeficiente de variación fue 6,58 % considerándose que los datos experimentales son confiables.

Tabla 10. Prueba de significación de Duncan para altura de planta (cm), cebolla var. Roja Ilabaya

O. de merito	Tratamiento	Promedios	Significación $\alpha=0,05$
1	Humic acid	56,42	a
2	Pow humus	50,63	b
3	Humifarm plus	49,98	b
4	Golden black	49,70	b
5	Testigo	41,60	c

Promedios con una letra común no son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10, la prueba de significación de Duncan para altura de planta indica que el tratamiento Humic acid (t_1), alcanzó el mayor promedio con 56,42 cm superando estadísticamente al resto de tratamientos. Le siguen los tratamientos Pow humus (t_3), Humifarm plus (t_2) y Golden black (t_4) con 50,56; 49,98 y 49,70 cm respectivamente, y estadísticamente son similares en sus promedios. El tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el t_0 (Testigo) con 41,50 cm.

Pari (2016), en su investigación aplicación de ácidos húmicos en la variedad roja Ilabaya obtuvo un promedio de altura de planta de 55,27 cm, estos resultados son inferiores a los obtenidos en la presente investigación donde se alcanzó una altura de 56,42 cm. Sin embargo Rojas (2012), en su investigación utilizando fitorreguladores alcanzó un promedio de altura de planta de 59,30 cm, estos resultados son superiores a los alcanzados en la presente investigación.

Ayca (2012), en su investigación realizada en el distrito de Ite, utilizando dos variedades de exportación alcanzó promedios de 49,24 y 26,16 cm de altura de planta, estos resultados son inferiores a los obtenidos en la presente investigación.

5.2. Diámetro polar de bulbo (mm)

Tabla 11. Análisis de varianza del diámetro polar de bulbo (mm), cebolla var. Roja Ilabaya

F de V.	gl	SC	CM	Fc	F $\alpha = 0,05 - 0,01$
Tratamiento	4	272,34	68,09	8,95	2,87 4,43 **
Bloque	5	273,72	54,74	7,20	2,71 4,10 **
Error	20	152,07	7,60		
Total	29	698,13			

C.V. = 4,58 % ** = significativo

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza del diámetro polar de bulbo, tabla 11, señala que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre bloques. Asimismo se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, indicando que hay diferencias entre sus promedios de diámetro polar de bulbos. El coeficiente de variabilidad fue 4,58 % considerándose que los datos experimentales son confiables.

Tabla 12. Prueba de significación de Duncan del diámetro polar de bulbo (mm), cebolla var. Roja Ilabaya

O. De mérito	Tratamiento	promedios (mm)	Significación $\alpha=0,05$
1	Humic acid	62,31	A
2	Humifarm plus	61,97	A
3	Golden black	61,71	A
4	Pow humus	60,98	A
5	Testigo	54,29	b

Promedios con una letra común no son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de Duncan (tabla 12), indica que los tratamientos Humic acid (t_1), Humifarm plus (t_2), Golden black (t_4) y Pow humus (t_3), alcanzaron el mayor promedio de diámetro polar de bulbo con 62,31; 61,97; 61,71 y 60,98 mm respectivamente, sus valores son estadísticamente similares en sus promedios. El tratamiento que obtuvo el menor promedio fue el t_0 (testigo) con un diámetro promedio de 54,29 mm. Pari (2016), en su investigación utilizando ácidos húmicos en la variedad roja Ilabaya en el CEA III Los Pichones obtuvo el mayor promedio con 55,588 mm de diámetro polar de bulbo de cebolla, este resultado es inferior a los obtenidos en la presente investigación donde se alcanzó un diámetro de 62,31 mm. Sin embargo, Rojas (2012), en su investigación utilizando fitorreguladores en la variedad roja Ilabaya, reportó promedios de diámetro polar de bulbo de cebolla de 8,12 cm, este resultado es superior a los obtenidos en la presente investigación.

5.2. Diámetro ecuatorial de bulbo (mm)

Tabla 13. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de bulbo (mm) cebolla var. Roja Ilabaya

F de V.	gl	SC	CM	Fc	F α = 0,05 - 0,01
Tratamiento	4	681,82	170,46	13,19	2,87 4,43 **
Bloque	5	293,04	58,61	4,53	2,71 4,10 **
Error	20	258,49	12,92		
Total	29	1233,35			

C.V. = 5,0 % ** = significativo

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13, el análisis de varianza de diámetro ecuatorial de bulbo señala que, existen diferencias estadísticas altamente significativas entre bloques. Asimismo para los tratamientos se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que hay diferencias reales entre sus promedios de diámetro ecuatorial de bulbo. El coeficiente de variación de 5,00 % considerándose que los datos experimentales son confiables.

Tabla 14. Prueba de significación de Duncan del diámetro ecuatorial de bulbo (mm) cebolla var. Roja Ilabaya

O. De mérito	Tratamiento	Promedios	Significación α = 0,05
1	Humic acid	75,34	a
2	Pow humus	74,11	a
3	Golden black	73,96	a
4	Humifarm plus	73,94	a
5	Testigo	62,49	b

Promedios con una letra común no son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14, la prueba de significación de Duncan, indica que, los tratamientos Humic acid (t₁), Pow humus (t₃), Golden black (t₄) y Humifarm plus (t₂), alcanzaron el mayor promedio de diámetro ecuatorial de bulbo con 75,34; 74,11; 73,96 y 73,94 mm respectivamente, sus valores son estadísticamente similares en sus promedios. El tratamiento t₀ (testigo) alcanzó el menor promedio con 62,49 mm respectivamente.

Pari (2016), en su investigación utilizando ácidos húmicos en cebolla variedad llabaya, alcanzó un promedio de 70,78 mm de diámetro ecuatorial de bulbo, este resultado es inferior a los promedios alcanzados en la presente investigación. Rojas (2012), en su evaluación de diámetro ecuatorial obtuvo el mayor diámetro con 9,93 cm, este resultado es superior a los promedios obtenidos en la presente investigación.

5.3. Rendimiento de bulbo (t ha⁻¹)

**Tabla 15. Análisis de varianza para el rendimiento de bulbo (t ha⁻¹)
cebolla var. Roja llabaya**

F de V.	gl	SC	CM	Fc	F α= 0,05 - 0,01
Tratamiento	4	586,73	146,68	3,34	2,87 4,43 *
Bloque	5	334,74	66,95	1,53	2,71 4,10 ns
Error	20	877,93	43,9		
Total	29	1799,41			

CV = 20,36 % ns = no significativo * = significativo

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza para el rendimiento de bulbo de cebolla var. roja llabaya (tabla 15), indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques. Para tratamientos se encontró diferencias estadísticas significativas, con un nivel de significación del 5 %. El coeficiente de variación fue 20,36 %, por lo tanto, los datos experimentales son confiables relativamente.

Tabla 16. Prueba de significación de Duncan para el rendimiento de bulbo ($t\ ha^{-1}$) cebolla var. Roja llabaya

O. de merito	Tratamiento	Promedios	Significación $\alpha=0,05$
1	Humic acid	39,42	a
2	Humifarm plus	33,43	a b
3	Golden black	33,01	a b
4	Pow humus	31,26	a b
5	Testigo	25,62	b

Promedios con una letra común no son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de significación de Duncan para el rendimiento de bulbo de cebolla (tabla 16), indica que los tratamientos: Humic acid (t_1) Humifarm plus (t_2); Golden black (t_4) y Pow humus (t_3) con 39,42; 33,43; 33,01 y 31,26 $t\ ha^{-1}$, alcanzaron el mayor rendimiento, sus valores son estadísticamente similares en sus promedios. El tratamiento t_0 (testigo) obtuvo el menor rendimiento con un promedio de 25,62 $t\ ha^{-1}$, siendo inferior a los demás tratamientos respectivamente.

Pari (2016), en su investigación influencia de los ácidos húmicos en el rendimiento de la cebolla variedad Ilabaya, en su evaluación de rendimiento total obtuvo un promedio de 39,08 t ha⁻¹, este resultado es similar a los obtenidos en la presente investigación. Sin embargo, Rojas (2012), en su investigación aplicación de fitoreguladores en la variedad roja Ilabaya alcanzó promedios de 64,33 t ha⁻¹, resultados que son superiores a los alcanzados en la presente investigación donde se obtuvo un rendimiento máximo de 39,42 t ha⁻¹.

De los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación se puede señalar que las sustancias húmicas por sus efectos permiten aumentar los rendimientos en el orden del 36 %. De manera que las sustancias húmicas en las condiciones del experimento habrían contribuido con un mejor aprovechamiento de los nutrientes y acumulación de reservas en los bulbos.

CONCLUSIONES

1. Los tratamientos Humic acid, Humifarm plus; Golden black y Pow humus con promedios 39,42 33,43; 33,01 y 31,26 t ha⁻¹ fueron los mejores.
2. En altura de planta el tratamiento Humic acid obtuvo el mayor promedio con 56,42 cm.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar la sustancia húmica Humic acid; ya que logró la mejor respuesta en el rendimiento de la cebolla variedad roja llabaya.
2. Se deben realizar trabajos de investigación utilizando dosis de la sustancia húmica Humic acid en el cultivo de cebolla roja, para definir la dosis máxima de aplicación que genere rentabilidad positiva.
3. Se debe utilizar la sustancia húmica en las demás variedades de cebolla roja.
4. Se debe repetir la investigación con las mismas dosis, pero en otras épocas del año, para validar los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A., Gaviota, J., & Galmarini, C. (1993). *Producción de semilla de cebolla (Allium cepa L.)*. Mendoza, Argentina: Gráfico EEA.
- AGRARES. (2006). *Enmienda Orgánica; Materia orgánica líquida de origen vegetal*. Obtenido de <http://www.Agrares.com>
- Aljaro , A. (2001). *Almácigo, producción y selección de plantas y sistemas de plantación. Segundo curso/taller de cebollas*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina (INIA).
- Amaya, J. E., & Mendes, E. F. (2012). Crecimiento de cebolla (*Allium cepa* L.) var. "Roja Arequipeña" en función de la fertilización NxK. *Scientia Agropecuaria*, 07-14.
- Armado, A., Contreras, F., & Garcia, P. (2009). Fraccionamiento químico de carbono orgánico y su relación con la actividad microbiológica, biomasa microbiana y cantidad de ADN en suelos cacaoteros Venezolanos. *Rev Soc Quím Perú.*, 43-53.

Arteaga, M., Garces , N., Guridis, F., & Pino, J. (2014). Una revisión sobre indicadores integradores para evaluar el impacto de las sustancias húmicas sobre el sistema suelo-agua de lixiviación. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 83-88.

Ayca, C. M. (2012). *Influencia de 4 niveles de nitrógeno en el rendimiento y calidad de 2 variedades de cebolla (Allium cepa L.) de exportacion en el valle de Ite.* (Tesis de grado), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna

Baldotto, M., & Borges, L. (2014). Ácidos húmicos. *Revista Ceres*, 856-881.

Cadena, L., & Ochoa, K. (2011). *Ácidos carboxílicos naturales*. Obtenido de:<https://qorganicauce.wikispaces.com/file/view/Acidos+Carbxilicos+Naturales.pdf>

Capula, R. (2011). *Efectividad de sustancias húmicas de leonardita en la calidad de cebolla tipo cambray (Allium cepa L.)*. (Tesis de grado): Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buena Vista, Sotillo Coahuila, México.

Castañeda M., R. (2010). *Metodología Actualizada para Determinación de ácidos húmicos y fúlvicos*. San Salvador: Castañeda: Simposio

Internacional on “Importancia del Manejo del Suelo y el potasio para el Desarrollo Agrícola Sustentable de Centroamérica.

Castillo, H. (1999). *Aspectos ecofisiológicos del cultivo de cebolla*. Santiago, Chile: Tapia, M. eds. El Cultivo de la Cebolla.

Cerisola, C. (2015). *La Materia Orgánica Edáfica. Manejo y Conservación de Suelos*. México: Departamento de Ambiente y Recursos Naturales.

Cifuentes, R. (2006). *Estudio de la materia orgánica presente en los suelos*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad De Ciencias. Escuela De Química. Especialización En Química Ambiental .

Coca, M. (2016). *Manual práctico en manejo de principales enfermedades de cultivos hortícolas en Bolivia*. Cochabamba, Bolivia: Talleres Graficos KIPUS.

CONAGRA. (2010). *Humic Acid*. Obtenido de <http://www.plmlatina.com.pe>

Corpeño, B. (2004). *Manual para la construcción y siembra de semilleros de cebolla*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/52591967/manual-para-la-construcción-y-siembra-de-semilleros-de-cebolla#scribd>

Del Monte, R. (1997). *Preparación del suelo para el establecimiento del cultivo. Manual del cultivo de cebolla*. INTA Centro Regional Cuyo: Galmarini C.

Dimas, R. (2009). *Interacción de los ácidos húmicos con fertilizante orgánico e inorgánico en la sal de suelo*. Coahuila-México: (Tesis Grado). Universidad Autónoma Agraria.

FAO. (1995). *Manejo de proyectos de alimentación y nutrición en comunidades*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FARMAGRO. (2010). *Ácidos húmicos*. Obtenido de <http://www.farmagro.com.pe>

Fuentes, J. (1999). *El suelo y los fertilizantes*. Madrid: Mundi-Prensa.

Furlani, M. R., & Rivero, M. L. (1997). *Manejo postcosecha y control de calidad, manual del cultivo de cebolla*. INTA Centro Regional Cuyo: Galmarini C.

Galmarini, C. (2002). *Manual del cultivo de la cebolla*. Argentina: INTA Centro Regional Cuyo.

- García, F. J. (1997). *Biología y Botánica*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicación.
- Gorini, J., & Gorini, I. (2013). *El Huerto: Guía práctica para el cultivo de las hortalizas*. España: Tutor.
- Guerrero, A. (1996). *El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos*. Bilbao, España: Mundi-Prensa.
- Guerrero, J. C. (2012). *Efecto de los ácidos húmicos en la productividad de hortalizas*. México: Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora.
- Honorato, R. (1999). *Manual de edafología*. Santiago, Chile: Universitaria, Tercera Edición.
- Laguna, T., & López, J. (2004). *Manejo Integrado de Plagas, Cultivo de cebolla*. Managua: Comercial La Prensa.
- Lardizabal, R. (2007). *El cultivo de la cebolla*. Honduras: EDA (Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores).
- Latorre, B. (2010). *Plagas de las hortalizas*. Santiago, Chile: Manual de manejo integrado ONU-FAO.

- Maeso, D. (2005). *Enfermedades del cultivo de cebolla*. Santiago, Chile: Tecnología para la producción de cebolla.
- Maroto, J. V. (2002). *Horticultura herbácea especial*. España: Mundi-Prensa.
- Medina, J. (2008). *Guía técnica de la cebolla*. Santo Domingo: Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).
- Mendoza, A. (2015). *Manejo agronómico del cultivo de cebolla (Allium cepa L.) var. Camaneja en truz bajo- Chepen, la Libertad*. La Libertad: (Tesis Título Ing. Agrónomo), Unuversidad Nacional de Trujillo.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). (2012). *Condiciones Agroclimáticas del cultivo de cebolla*. Lima, Perú: Dirección Regional de Competitividad Agraria.
- MINAGRI. (2013). *Principales aspectos agroeconómicos de la cadena productiva de la cebolla*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego.
- Montas, F. (1991). *Guía del cultivo de cebolla*. Santo Domingo: Fundación de Desarrollo Agropecuario.

- Montes, A., & Halle, M. (1990). *El cultivo de las amarilidáceas, cebolla, ajo y puerro*. Honduras: El Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana.
- Ott, S. (2010). *Manual de cultivo de hortalizas*. España: Omega.
- Pari, C. (2016). *Influencia de la aplicación de ácidos húmicos en el rendimiento de cebolla (Allium cepa L.) Roja Ilabaya en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones - Tacna*. (Tesis Título Ing. Agrónomo), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- Pettit, R. E. (2017). *La importancia del Ácido Húmico y Fúlvico en la fertilidad del suelo y plantas saludables*. Texas: Universidad de Texas A&M.
- Restrepo, J. M., Gomez, J., & Escobar, R. (2014). *Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (FIDAR).
- Ríos, M. (2015). *Evaluación de tres dosis de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Grand ripds wldemans strain, bajo condiciones*

agroecológicas en la provincia de Lamas. (Tesis título de grado):
Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.

Rodriguez, F. (2014). *Sustancias húmicas: Origen, Caracterización y Uso en la Agricultura.* México: Intagri.

Rojas, D. N. (2012). *Efecto de los Fitorreguladores en el rendimiento de cebolla roja ecotipo llabaya (Allium cepa L.) en el distrito de llabaya, provincia Jorge Basadre.* (Tesis Título ing. Agrónomo).
Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.Tacna.

Rosales, L., Segura, M., Gonzalez, G., Potisek, M., Orozco, J., & Preciado, P. (2015). Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra. *Interciencia*, 317-323.

Rosello, J. (1998). *Biología y Botánica.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Servicio De Publicación.

Rosello, J., & Santamarina , P. (2012). *Anatomía y Morfología de las Plantas Superiores.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Sanchez, R. M., & Pezzola, N. A. (2011). *Riego por goteo en el cultivo de cebolla.* Villa Cuauhtemoc, Tamaulipas: Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Las Huastecas.

SOLTAGRO. (2012). *Mejorador orgánico de suelos*. Obtenido de <http://www.humintech.com/es/agricultura/productos/productos-solubles-en-aqua/powhumus-wsg-85.html>

Suquilanda, M. (1995). *Hortalizas, Manual para la producción orgánica*. Quito: EC. Fundagro.

Zamboni, I., Ballesteros, M., & Zamudio, A. (2006). Caracterización de ácidos húmicos y fúlvicos de un mollisol bajo dos coberturas diferentes. *Revista Colombiana de Química*, 192-203.

ANEXOS

Anexo 1. Datos originales de altura de planta de cebolla roja (cm) var. Ilabaya

Tratamientos	Bloques						Prom
	I	II	III	IV	V	VI	
T ₀	43,00	41,50	40,10	35,60	44,90	44,50	41,60
T ₁	52,10	55,30	60,30	50,30	65,60	54,90	56,42
T ₂	52,40	47,50	49,20	47,90	49,20	53,70	49,98
T ₃	52,10	48,40	47,70	53,00	50,00	52,60	50,63
T ₄	53,10	47,60	52,50	44,60	49,90	50,50	49,70

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Datos originales de diámetro de bulbo de cebolla roja var. Ilabaya (mm)

Tratamientos	Bloques						Prom
	I	II	III	IV	V	VI	
T ₀	54,113	54,714	52,555	46,903	60,288	57,171	54,291
T ₁	63,011	64,785	58,211	60,720	57,891	69,247	62,311
T ₂	65,868	62,208	60,922	59,074	58,926	64,845	61,974
T ₃	62,517	61,483	57,528	57,420	58,334	68,615	60,983
T ₄	62,694	64,614	62,977	54,159	59,396	66,398	61,706

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Datos originales de diámetro ecuatorial de bulbo de cebolla roja var. Ilabaya

TRATAMIENTOS	BLOQUES						PROM
	I	II	III	IV	V	VI	
T ₀	59,95	62,06	61,49	54,93	66,56	69,95	62,49
T ₁	77,05	76,40	70,44	72,17	77,48	78,48	75,34
T ₂	82,83	74,44	71,51	68,95	68,72	77,20	73,94
T ₃	73,42	73,00	71,05	73,72	68,62	84,84	74,11
T ₄	77,52	71,34	74,63	68,60	74,92	76,76	73,96

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Datos originales de rendimiento de cebolla roja var. Ilabaya (t ha⁻¹)

Tratamientos	Bloques						Prom
	I	II	III	IV	V	VI	
T ₀	23,344	24,888	29,776	14,722	31,276	29,722	25,621
T ₁	48,166	31,054	32,554	46,444	41,610	36,666	39,416
T ₂	48,276	32,166	28,444	28,722	28,222	34,722	33,425
T ₃	27,944	36,500	28,776	24,000	26,276	44,054	31,258
T ₄	39,000	31,110	37,888	25,944	26,222	37,888	33,009

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Galeria de fotos



Fotografía 01: Cebollas en pleno crecimiento del bulbo

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 02: Cebollas cosechadas del tratamiento 0



Fotografía 03: cebollas cosechadas del tratamiento 1

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 04: Cebollas cosechadas del tratamiento 2

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 05: Cebollas cosechadas del tratamiento 3

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 06: Cebollas cosechadas del tratamiento 4

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 07: Pesado del rendimiento de bulbo de cebolla roja var. Ilabaya

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 08: cosecha y selección de bulbos de cebolla roja var. Ilabaya

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 09: cebolla seleccionada y clasificada lista para comercializar

Fuente: Elaboración propia.