

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



**TESIS**

**COMPORTAMIENTO DE DOS NIVELES DE EXTRACCIÓN NUTRITIVA Y DOS DOSIS DE FITOREGULADOR HUMEGA EN PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE LECHUGA (*Lactuca sativa L. var. White Boston*) EN CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA – CUSCO.**

Presentado por Bachiller **EDISON CONDORI PUMA**

Para optar al Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO.**

**ASESOR:**

**Mgt. JUAN WILBERT MENDOZA ABARCA**

**PATROCINIO:**

**Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA)**

**K'AYRA- CUSCO –PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por darme la vida, salud, felicidad y sobre todo por iluminar mi mente para lograr mis objetivos.

Dedico esta tesis con mucho cariño a mi familia especialmente para mis padres: Felipe Condori Amao y Rina Puma Chilo, por el apoyo incondicional, consejos, comprensión y amor que me brindaron en mi formación profesional.

A mi hermana Ruth Karina Condori Puma por sus constantes motivaciones, por creer en mí y por verme como un ejemplo a seguir.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Tricentenario centro superior UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, por formar y desarrollarme profesionalmente, para ser un hombre de bien para el país y agricultores de la región Cusco.

Mil agradecimientos a los docentes de la FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS y en especial de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA quienes contribuyeron en mi formación académica, la que será la base del desempeño y ejercicio como Ingeniero Agrónomo.

A mí asesor el Mgt. Juan Wilbert Mendoza Abarca, quien me brindó su asesoramiento incondicional durante la realización de la presente investigación, sobre todo acotando su voluntad de trabajo y exigencia.

Al Centro de Investigación en Suelos y Abonos – CISA, por brindarme las instalaciones hidropónicas y materiales de la unidad de lombricultura de la Facultad de Ciencias Agrarias.

A mis compañeros de la Escuela Profesional de Agronomía, por el aliento y apoyo en la culminación del presente trabajo de tesis de grado. Igualmente, por haberme acompañado en la conducción y evaluaciones del campo experimental.

## ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÒN .....	1
<b>I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÒN .....</b>	<b>2</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Formulaciòn del problema .....	2
1.2.1 Problema general .....	2
1.2.2 Problemas especìficos .....	2
<b>II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÒN .....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo general .....	3
2.2 Objetivos especìficos .....	3
2.3 Justificaciòn.....	3
<b>III. HIPÒTESIS .....</b>	<b>4</b>
3.1 Hipòtesis general.....	4
3.2 Hipòtesis especìficos.....	4
<b>IV. MARCO TEÒRICO .....</b>	<b>5</b>
4.1 Cultivo de la lechuga .....	5
4.1.1 Origen y distribuciòn de la lechuga.....	5
4.1.2 Clasificaciòn taxonòmica .....	5
4.1.3 Descripciòn botànica .....	5
4.1.4 Requerimientos climáticos .....	6
4.1.4.1 Temperatura .....	6
4.1.4.2 Humedad relativa .....	7
4.1.5 Recolecciòn .....	7
4.1.6 Contenido nutricional .....	7
4.2 Nutriciòn de las plantas .....	8
4.2.1 Extracciòn de nutrientes .....	8
4.2.2 Elementos nutritivos de las hortalizas.....	8
4.2.3 Funciones de los elementos nutritivos en las plantas .....	10
4.2.4 Clasificaciòn de los elementos minerales .....	10
4.2.4.1 Elementos mayores (primarios) .....	10

4.2.4.1.1 Nitrógeno (N) .....	10
4.2.4.1.2 Fósforo (P) .....	11
4.2.4.1.3 Potasio (K) .....	12
4.2.4.2 Elementos secundarios .....	13
4.2.4.3 Elementos menores (microelementos) .....	15
4.2.4.4 Requerimientos y manejo de un cultivo .....	19
4.2.5. Fitorreguladores .....	24
<b>V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>26</b>
5.1. Tipo de investigación .....	26
5.2. Ubicación espacial .....	26
5.2.1 Ubicación geográfica .....	26
5.2.2 Ubicación hidrográfica .....	26
5.2.3 Ubicación política .....	26
5.2.4. Ubicación ecológica .....	26
5.2.5. Ubicación temporal .....	26
5.3 MATERIALES .....	26
5.3.1 Material biológico .....	26
5.3.2. Materiales de campo, equipo y herramientas .....	27
5.3.2.1. Materiales de campo .....	27
5.3.2.2. Equipos .....	27
5.3.2.3. Herramientas .....	27
5.4 MÉTODOS .....	28
5.4.1 Diseño experimental .....	28
5.4.2 Variables e indicadores .....	29
5.4.3 Croquis del campo experimental .....	30
5.4.4 Características del campo experimental .....	31
5.4.5 Conducción del experimento .....	31
5.4.6 Evaluación de variables .....	35
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS .....</b>	<b>72</b>
7.1. Conclusiones .....	72
7.2. Sugerencias .....	73
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>

## RESUMEN

El trabajo de investigación intitulado “Comportamiento de dos niveles de extracción nutritiva y dos dosis de fitoregulador Humega en producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa L. Var. White Boston*) en Centro Agronómico K’ayra – Cusco”; se llevó a cabo en el año 2019, cuyos objetivos específicos fueron, determinar el rendimiento y comportamiento agronómico de lechuga en una producción hidropónica por efecto de niveles de extracción de nutrientes y fitorregulador Humega.

La metodología, que se adoptó fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo factorial de 3A x 3B, 9 tratamientos, 4 repeticiones y total 36 unidades experimentales, donde se evaluaron variables como: Peso fresco del cogollo, peso fresco de raíz, altura de planta, diámetro del cogollo y longitud de raíz.

El experimento se instaló en las instalaciones hidropónicas del Centro Agronómico K’ayra.

Las conclusiones a que se llegaron fueron:

El nivel de extracción nutritiva de 52-20-50\*9 ml Humega/litro agua, fue superior en las variables peso fresco de cogollo con 261.25 g/planta, peso fresco de raíz con 39.50 g/planta, y diámetro de cogollo con 36.06 cm.

El nivel de extracción nutritiva de 75-30-75\*9 ml Humega/litro agua, fue superior en las variables altura de planta con 24.50 cm y longitud de raíz con 29.70 cm.

Tratamientos Sin nivel de extracción nutritiva no influyó en el peso fresco del cogollo, peso fresco de raíz, altura de planta, diámetro del cogollo y longitud de raíz; asimismo las dosis de 9 y 6 ml de fitoregulador Humega / litro de agua, tampoco fue significativo su efecto en las variables de estudio.

## INTRODUCCIÒN

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es una de las hortalizas de mayor demanda mundial; pues hoy en día también se viene extendiendo de forma sorprendente a nivel nacional, esto debido a su enorme diversidad dada principalmente por sus diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de la planta.

El cultivo de lechuga se adapta desde los climas cálidos de la costa peruana hasta los climas fríos de la sierra, convirtiéndose hoy en día una de las hortalizas más comunes en todos los mercados.

Su cultivo es practicado en los pequeños huertos familiares de zonas urbanas – rurales hasta enormes campos de producción industrial en lugares de alta tecnología agronómica. Todo ello es gracias a su ventaja de cultivo en cualquier época del año y bajo diferentes sistemas de cultivo: a campo, sistemas hidropónicos, bajo invernadero o fitotoldo.

Esta hortaliza se consume sus hojas al estado fresco en ensaladas, pues es un alimento rico en elementos minerales y vitaminas, con un contenido calórico bajo y por esto se ha considerado el ingrediente básico en las dietas incalóricas.

El problema central es, que en la zona no hay estudios que permita brindar otras alternativas de producción utilizando técnicas utilizando sustrato como el agua y a ello mezclando con soluciones nutritivas existentes en tiendas comerciales. Todo ello a través de la técnica de cultivo con raíz flotante y suministro del agua por recirculación permanente generado por una electrobomba, a fin de oxigenar y facilitar la absorción de nutrientes suministrados.

**El autor.**

## I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Como la lechuga, es una hortaliza muy conocida en la población como componente sustancial en la mesa familiar; por lo que requiere aplicar las mejores tecnologías en la producción y productividad de su cultivo. Sin embargo, es ignorada en la zona de influencia del Centro Agronómico K'ayra, el comportamiento de niveles de elementos nutritivos extraídos y fitorreguladores suministrados mediante las técnicas hidropónicas.

Según información del Ministerio de Agricultura y Riego – Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (2013), la producción de lechuga en el Perú es de 59,925 toneladas métricas y en Cusco un total de 1,074 toneladas métricas en una superficie de 22.375 hectáreas.

La causa por la que no se conocen aspectos relacionados a rendimiento de cogollo, así como características agronómicas en condiciones hidropónicas, es porque no existen resultados de investigaciones sobre cómo influyen las soluciones nutritivas en base a la extracción de nutrientes y fitorregulador “humega” existentes en tiendas comerciales, cuyos resultados sirvan como alternativa de producción del cultivo de lechuga libre de contaminantes indeseadas que en los últimos años viene generando el sustrato suelo deficientemente manejado.

### 1.2 Formulación del problema

#### 1.2.1 Problema general

¿Cómo es el comportamiento de niveles de extracción de nutrientes y fitorregulador en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L. **Var. White Boston**) en condiciones del Centro Agronómico K'ayra- Cusco?

#### 1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuánto es el rendimiento de lechuga en una producción hidropónica por efecto de niveles de extracción de nutrientes y fitorregulador Humega?
2. ¿Cómo es el comportamiento agronómico en una producción hidropónica por efecto de niveles de extracción de nutrientes y fitorregulador Humega?

## II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento de niveles de extracción nutritiva y fitoregulator en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa L. Var. White Boston*) en condiciones del Centro Agronómico K`ayra- Cusco.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Determinar el rendimiento de lechuga en una producción hidropónica por efecto de niveles de extracción de nutrientes y fitoregulator Humega.
2. Evaluar el comportamiento agronómico en una producción hidropónica por efecto de niveles de extracción de nutrientes y fitoregulator Humega.

### 2.3 Justificación

En los últimos años la agricultura y los suelos vienen siendo degradados química, física y biológicamente, como consecuencia del uso irracional de insumos y manejo tradicional de recursos. Sin embargo, un cultivo como lechuga cultivado abonado con nutrientes disueltas en agua preparados por los mismos horticultores permitirá producir hortalizas libres de contaminantes químicos y biológicos; por tanto, el rendimiento alcanzado será de alta rentabilidad para el productor y abastecer la demanda de los consumidores. Además, conocer el rendimiento de cogollo es muy importante por la demanda de consumo de esta parte de la hortaliza; pues en el mercado el consumidor prefiere plantas de mejor presentación y peso. Por otra parte, conocer las características agronómicas de la lechuga, es muy importante para estimar parte de la calidad de la planta.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1 Hipótesis general**

La producción hidropónica de lechuga está en función al comportamiento de niveles de extracción de nutrientes y fitorregulador Humega, en condiciones del Centro Agronómico K`ayra- Cusco.

#### **3.2 Hipótesis específicos**

1. El efecto de altos niveles de extracción de nutrientes y fitorregulador Humega es mayor en el rendimiento del cultivo de lechuga.
2. El comportamiento agronómico de lechuga depende de las altas dosis de aplicación de nutrientes, conducidos bajo condiciones hidropónicas.

## IV. MARCO TEÒRICO

### 4.1 Cultivo de la lechuga

#### 4.1.1 Origen y distribución de la lechuga

**López, M. (1994)**, dice que la lechuga es originaria de Asia probablemente es de Asia menor.

#### 4.1.2 Clasificación taxonómica

**Vargas, F. (1997)**, menciona a Cronquist y da la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Ateridae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Gènero: Lactuca

Especie: ***Lactuca sativa L.***

#### 4.1.3 Descripción botánica

**López, M. (1994)**, expresa que:

**La raíz.** - Presenta un eje principal carnoso poco ramificado con abundante látex, pudiendo llegar hasta más de 30 cm de profundidad; tiene forma pivotante. Tiene numerosas raíces laterales, estas se desarrollan en la capa superficial del suelo (en los primeros 30 cm).

**Las hojas.** - Presenta forma lanceolada, oblonga, redonda, el borde de la hoja de la lechuga son lisas, lobulado, ondulado o dentado (crespo). Sin peciolos (sésiles), arrosetadas, ovales, gruesas, anteras y las hojas caulinares son semiamplexicaules, alternas, auriculado abrasadoras el extremo puede ser redondo o rizado. Su color va de verde amarillo hasta el morado claro, dependiendo del tipo y del cultivar, el tallo es pequeño y no se ramifica.

**El tallo.** - Puede llegar hasta 1.20 m de longitud, ramificándose el extremo y presentando en cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia.

**La Inflorescencia.** - Forman grupos de 15 a 25 flores, las cuales están ramificadas y de color amarillo.

**Las semillas.** - Presentan semillas de forma alargada (4-5 mm), su color generalmente es blanco crema, aunque también hay las pardas y castañas, cabe mencionar que las semillas recién cosechadas por lo general no germinan, debido a la impermeabilidad que la semilla muestra en presencia del oxígeno, por lo que se ha utilizado temperaturas ligeramente elevadas (20 a 30° C) para inducir a la germinación.

**El fruto.** - Presenta en aquenio, seco y oblongo.

**Tamaro, D. (1968)**, dice que las semillas son pequeñas y alargadas, agudas por un extremo, de color blanco o negro y rara vez rojizo. Un gramo contiene 800 semillas y el peso de hectolitro de estas es alrededor de 425 gramos. La facultad germinativa dura de cuatro a cinco años.

#### **4.1.4 Requerimientos climáticos**

##### **4.1.4.1 Temperatura**

**Sánchez, C. (2004)**, indica que la temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C, durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 3-5°C por la noche.

La lechuga soporta las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30°C y como mínima temperatura de hasta -6°C. Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir como alguna carencia.

**Maroto, N. (1986)**, menciona que la temperatura óptima de germinación de la semilla oscila entre 18-20°C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues el desarrollo de la lechuga requiere que existan diferencias de temperaturas entre el día y la noche. En aquellas variedades que forman cabeza, se necesitan temperaturas entorno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche.

#### **4.1.4.2 Humedad relativa**

**Sánchez, C. (2004)**, indica que el sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta más un periodo de sequía, aunque este sea muy breve. La humedad relativa conveniente para la lechuga es de 60 a 80%, aunque en determinados momentos soporta menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan.

**Giagoni y Escaff. (1995), La Torre, B. (1995)**, mencionan que la lechuga, en ningún caso admite situaciones prolongadas de estrés hídrico, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres a cuello.

#### **4.1.5 Recolección**

**Casseres, E. (1996)**, manifiesta que la madurez está basada en la compactación de la cabeza. Una cabeza compacta requiere de una fuerza manual moderada para ser comprimida, es considerada apta para ser cosechada. Una cabeza suelta esta inmadura y muy firme o extremadamente dura es considerada como sobre madura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mucho mejor sabor que las sobre maduras y también menos problemas en post cosecha.

#### **4.1.6 Contenido nutricional**

**UNALM. (1998)**, manifiestan que la lechuga es rica en calcio, vitamina B y fibra. Se utiliza en fresco en ensaladas y como acompañante en diferentes platos de la cocina peruana. Industrialmente se usa para la fabricación de cremas cosméticas. El aporte de calorías de esta hortaliza es muy bajo, mientras que en vitamina C es muy rica, teniendo las hojas exteriores más cantidad de la misma frente a las inferiores. También resulta una fuente importante de vitamina K, con lo que protege ante la osteoporosis. Otras vitaminas que destaca en la lechuga son la A, E y ácido fólico. Está compuesta en un 94% de agua y aporta mucho más potasio y fósforo.

**Cuadro 01: Contenido nutricional de la lechuga.**

<b>Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia</b>	
Carbohidratos (g)	20.1
Proteínas (g)	8.4
Grasa (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fósforo (mg)	138.39
Vitamina C (mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tialina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I)	1155
Calorías (cal)	18

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina. (1998)

## **4.2 Nutrición de las plantas**

### **4.2.1 Extracción de nutrientes**

**Vitorino, B. (1992)**, en la tabla de extracción de nutrientes por diversos cultivos, menciona que la lechuga arrepollada, para producir una cosecha de 25,000 Kg extrae: 52-20-50 Kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O.

### **4.2.2 Elementos nutritivos de las hortalizas**

**Izquierdo, J. (2003)**, refiere que únicamente 16 elementos que están considerados como esenciales para el desarrollo y crecimiento de las hortalizas. Estos se dividen en macro nutrientes requeridos en grandes cantidades y los micronutrientes requeridos en menor cantidad (ver cuadro 02).

## Cuadro 02: Elementos nutritivos de las plantas

Macro y micronutrientes para la nutrición de las plantas	
Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrógeno (N)	Hierro (Fe)
Potasio (K)	Cloro (Cl)
Azufre (S)	Manganeso (Mn)
Fósforo (P)	Boro (B)
Calcio (Ca )	Cobre (Cu)
Magnesio (Mg)	Zinc (Zn)
Carbono (C)	Molibdeno (Mo)
Hidrógeno (H)	
Oxígeno (O)	

Fuente: Izquierdo, J. (2003)

Por otra parte, los vegetales extraen del aire y del agua (carbono, hidrogeno y oxigeno); ellos consumen con diferentes grados de intensidad los siguientes elementos.

- ✓ Indispensables para la vida de los vegetales, son requeridos en distintas cantidades por las plantas. Entre los que existen cantidades grandes están el nitrógeno, fósforo y potasio. En cantidades intermedias el azufre, calcio y magnesio. En cantidades más pequeñas el hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.
- ✓ Útiles, pero no indispensable para su vida: cloro, sodio, silicio.
- ✓ Innecesarios para la planta, pero necesarios para los animales que lo consumen como: cobalto, yodo.
- ✓ Tóxicos para el vegetal: aluminio.

Es muy importante tener en cuenta que cualquiera de los elementos antes mencionados puede ser tóxicos para la planta si se agregan al medio en proporciones inadecuadas, especialmente aquellos denominado elementos menores.

### **4.2.3 Funciones de los elementos nutritivos en las plantas**

**Zirena, J. (2002)**, dice que, de los 16 elementos químicos considerados necesarios para el crecimiento saludable de la planta, 13 son nutrientes minerales. Ellos en condiciones naturales de cultivo (suelo) entran a las plantas a través de las raíces. El déficit de uno solo de ellos limita o puede disminuir los rendimientos y, por lo tanto, las utilidades para el cultivador.

La localización de los síntomas de deficiencia en las plantas se relaciona mucho con la velocidad de movilidad de nutrientes a partir de las hojas viejas hacia los puntos de crecimiento; en el caso de los elementos (N, P, K) que son traslocados rápidamente, los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas. Los elementos móviles como el calcio y boro, causan síntomas de deficiencia en los puntos de crecimiento.

En algunos elementos el grado de movilidad depende del grado de deficiencia, la especie y el grado de nitrógeno. Hay muy poca movilidad de cobre, zinc y el molibdeno desde las hojas viejas hacia las jóvenes cuando las plantas están deficientes en estos elementos.

De acuerdo con las cantidades que las plantas consumen de cada uno de ellos (no todos son consumidos en igual cantidad).

### **4.2.4 Clasificación de los elementos minerales**

#### **4.2.4.1 Elementos mayores (primarios)**

**Villagarcía, S. y Aguirre, O. (1994)**, refieren que el nitrógeno, fósforo y potasio se denominan elementos mayores porque normalmente las plantas los necesitan en cantidades grandes que la tierra no puede suministrar en forma completa. Se consumen en grandes cantidades.

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que:

##### **4.2.4.1.1 Nitrógeno (N)**

Es absorbido en forma de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ .

#### ➤ **Características**

- Otorga el color verde intenso a las plantas.
- Fomenta el rápido crecimiento.
- Aumenta la producción de hojas.
- Mejora la cantidad de las hortalizas.

- Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos de alimentos y forraje.

➤ **Deficiencia**

- Aspecto enfermizo de la planta.
- Color verde amarillento debido a la pérdida de clorofila.
- Desarrollo lento y escaso.
- Amarillento inicial y secado posterior de las hojas de la base de la planta que continúa hacia arriba, si la deficiencia es muy severa y no se corrige, las hojas más jóvenes permanecen verdes.

➤ **Abundancia**

- Cuando se le administra en cantidades desbalanceadas en relación con los demás elementos, la planta produce mucho follaje de color verde oscuro, pero el desarrollo de las raíces es reducido.
- La floración y la producción de frutos y semillas se retarda.

#### 4.2.4.1.2 Fósforo (P)

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que las plantas lo toman en forma de  $HPO_4$  - y  $PO_4$  =

➤ **Características**

- Estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces.
- Facilita el rápido y vigoroso crecimiento a las plantas.
- Acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos.
- Ayuda a la formación de las semillas.
- Da vigor a los cultivos para defenderse del rigor del invierno.

➤ **Deficiencias**

- Aparición de hojas, ramas y tallos de color purpúreo; este síntoma se nota primero en las hojas más viejas.
- Desarrollo y madurez lenta y aspecto raquíptico en los tallos.
- Mala germinación de la semilla.
- Bajo rendimiento de frutos y semillas.

➤ **Toxicidad**

- Los excesos de fósforo no son notorios a primera vista, pero pueden ocasionar deficiencias de cobre y zinc.

**Marulanda, Ch. (1992)**, manifiesta que el P es asimilado por las plantas en forma de ion fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ). Sus principales fuentes son el superfosfato de calcio que es barato y fácil de conseguir, contiene calcio, azufre y varios micro elementos como impurezas, pero es de baja solubilidad (difícil de disolver). El superfosfato de calcio triple contiene más fósforo que el superfosfato simple, pero menos impurezas, su precio es más elevado y siempre difícil de disolver. El fosfato de amonio y fosfato di amónico son más fácil de disolver que el fosfato de calcio simple y el fosfato de calcio triple como proporciona nitrógeno amoniacal. El ácido fosfórico normalmente es una fuente suplementaria de fósforo, como utilizada para regular el pH, en vez del ácido sulfúrico se utiliza como solución débil.

#### **4.2.4.1.3 Potasio (K)**

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que las plantas lo toman en forma de  $\text{K}^+$ .

##### ➤ **Características**

- Otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas.
- Ayuda a la producción de proteínas de las plantas.
- Aumenta el tamaño de las semillas.
- Mejora la calidad de los frutos.
- Ayuda al desarrollo de los tubérculos.
- Favorece la formación del color rojo en hojas y frutos.

##### ➤ **Deficiencias**

- Las hojas de la parte, más baja de la planta se quemar en los bordes y puntas; generalmente la vena central conserva el color verde.
- También tienden a enrollarse.
- Debido al pobre desarrollo de las raíces, las plantas se degeneran antes de llegar a la etapa de producción.
- En las leguminosas da lugar a semillas arrugadas y desfiguradas.
- Que no germinan o dan lugar a plantas débiles.

##### ➤ **Toxicidad**

- No es común la absorción de exceso de potasio, pero altos niveles de el en las soluciones nutritivas pueden causar deficiencia de magnesio y también de manganeso, zinc y hierro.

**Marulanda, CH. (1992)**, indica que sus principales fuentes son nitrato de potasio y sulfato de potasio, es barato y fácil de conseguir, proporciona también azufre. Se puede usar cloruro de potasio, pero tenemos que tener cuidado que no se eleve el contenido de cloro de la solución ya que puede ocasionar toxicidad a las plantas.

#### **4.2.4.2 Elementos secundarios**

Llamados así porque las plantas los consumen en cantidades intermedias, pero son muy importantes en la constitución de los organismos vegetales.

#### **CALCIO (Ca):**

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que el calcio es absorbido en forma de  $\text{Ca}^{++}$ .

##### ➤ **Características**

- Activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas.
- Mejora el vigor general de las plantas.
- Neutraliza las sustancias tóxicas que producen las plantas.
- Estimula la producción de semillas.
- Aumenta el contenido de calcio en el alimento humano y animal.

##### ➤ **Deficiencias**

- Las hojas jóvenes de los brotes terminales se doblan al aparecer y se queman en sus puntas y bordes.
- Las hojas jóvenes permanecen enrolladas y tienden a arrugarse.
- En las áreas terminales puede aparecer brotes nuevos de color blanquecino.
- Puede producirse la muerte de los extremos de las raíces.
- En los tomates y sandías la deficiencia de calcio ocasiona el hundimiento y posterior pudrición seca de los frutos en el extremo opuesto al pedúnculo.

##### ➤ **Toxicidad**

- No se conocen síntomas de toxicidad de excesos, pero estos pueden alterar la acidez del medio de desarrollo de la raíz y esto si afecta la disponibilidad de otros elementos para la planta.

**Castañeda, F. (1997)**, refiere que las principales fuentes de calcio son nitrato de calcio muy soluble, pero no se consigue en el mercado como fertilizante comercial, superfosfato simple y triple proporcionan una buena cantidad de

calcio, pero es difícil de diluir. El sulfato de calcio (yeso) es difícil de diluir, es barato y fácil de conseguir. El cloruro de calcio se considera como fuente suplementaria, porque eleva el contenido de cloro en la solución.

### **MAGNESIO (Mg):**

**Zavaleta, A. (1992)**, dice que las plantas lo absorben como  $Mg^{++}$ :

#### ➤ **Características**

- Es un componente esencial de la clorofila.
- Es necesario para la formación de los azúcares.
- Ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes.
- Actúa como transportador del fósforo dentro de la planta.
- Promueve la formación de grasa y aceites.

#### ➤ **Deficiencia**

- Pérdida de color verde que comienza con las hojas de abajo y continua hacia arriba, pero las venas conservan el color verde.
- Los tallos se forman débiles y las raicillas se ramifican y se alargan excesivamente.
- Las hojas se tuercen hacia arriba a lo largo de los bordes.

#### ➤ **Toxicidad**

- No existen síntomas visibles para identificar toxicidad por magnesio.

**Castañeda, F. (1997)**, refiere que sus principales fuentes son sulfato de magnesio, es usado exclusivamente en hidroponía como fuente de magnesio debido a su solubilidad, bajo costo y accesibilidad. El nitrato de magnesio es más caro de conseguir en el mercado que el sulfato de magnesio.

### **AZUFRE (S):**

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que el azufre presenta las siguientes cualidades:

#### ➤ **Características**

- Es un ingrediente esencial de las proteínas.
- Ayuda a mantener el color verde intenso.
- Activa la formación de algunos nódulos nitrificantes en algunas especies leguminosas (frijoles, soya, arvejas, habas.).
- Estimula la producción de semilla.

- Ayuda al crecimiento más vigoroso de las plantas.
- **Deficiencias**
  - Cuando se presenta deficiencia, lo que no es muy frecuente, las hojas jóvenes toman color verde claro y sus venas un color más claro aún; el espacio entre las nervaduras se seca.
  - Los tallos son cortos, endebles, de color amarillo.
  - El desarrollo es lento y raquítico.

**Castañeda, F. (1997)**, relata que es utilizada en forma de sulfatos  $\text{SO}_4^{=}$ .

Las plantas presentan límites de tolerancia amplia para el azufre, por lo tanto, no se contabiliza al hacer la solución nutritiva casi nunca, pues se considera dentro de los límites adecuados. Sus principales fuentes son sulfato de magnesio, sulfato de potasio y superfosfato.

#### **4.2.4.3 Elementos menores (microelementos)**

**Zirena, J. (2002)**, dice que las plantas lo necesitan en cantidades muy pequeñas, pero son fundamentales para regular la asimilación de los otros elementos nutritivos. Tienen funciones muy importantes especialmente en los sistemas enzimáticos. Si uno de los elementos menores no existiera en la solución nutritiva, la planta podría crecer, pero no llegaría a producir o las cosechas serían de mala calidad.

#### **COBRE (Cu):**

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que es absorbido en forma de ion  $\text{Cu}^{2+}$ .

- **Características**
  - El 70% se concentra en la clorofila y su función más importante se aprecia en la asimilación.
- **Deficiencia**
  - Severo descenso en el desarrollo de las plantas.
  - Las hojas más jóvenes toman color verde oscuro, se enrolla y aparece un moteado que va muriendo.
  - Escasa formación de la lámina de la hoja, disminución de su tamaño y enrollamiento hacia la parte interna, lo cual limita la fotosíntesis.

➤ **Toxicidad**

- Clorosis férrica, enanismo, reducción en la formación de ramas y oscurecimiento anormal de la zona de las raíces.

**Castañeda, F. (1997)**, menciona que sus principales fuentes son el sulfato y cloruro de cobre.

**BORO (B):**

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que el boro es absorbido en forma de borato  $BO_3^{3-}$ .

➤ **Características**

- Aumenta el rendimiento o mejora la calidad de las frutas, verduras y forrajes, está relacionada con la asimilación del calcio y con la transferencia del azúcar dentro de las plantas.
- Es importante para la buena calidad de las semillas de las especies leguminosas.

➤ **Deficiencia**

- Anula el crecimiento de tejidos nuevos y pueden causar hinchazón y decoloración de los vértices radiculares y muerte de la zona apical (terminal) de las raíces.
- Ocasiona tallos cortos en el apio, podredumbre de color pardo en la cabeza y a lo largo del interior del tallo de la coliflor, podredumbre en el corazón del nabo, ennegrecimiento y desintegración del centro de la remolacha de mesa.

➤ **Toxicidad**

- Se produce un amarillamiento del vértice de las hojas, seguido de la muerte progresiva, que va avanzando desde la parte basal de éstas hasta los márgenes y vértices.
- No se debe de exceder las cantidades de este elemento dentro de las soluciones nutritivas ni dentro de los sustratos, porque en dosis superiores a las recomendadas es muy tóxico.

**Castañeda, F. (1997)**, además menciona que se asimila como borato ( $BO_3^-$ ) y sus principales fuentes son el ácido bórico y el bórax (tetraborato de sodio).

**HIERRO (Fe):**

**Zavaleta, A. (1992)**, dice que es absorbido en forma de ion ferroso ( $Fe^{2+}$ ).

➤ **Características**

- No forma parte de la clorofila, pero está ligado con su biosíntesis.

➤ **Deficiencia**

- Causa el color pálido amarillento del follaje, aunque haya cantidades apropiadas de nitrógeno en la solución nutritiva.
- Ocasiona una banda de color claro en los bordes de las hojas y la formación de raíces cortas y muy ramificadas.
- La deficiencia de hierro aparece mucho a la del magnesio, pero la del hierro aparece en hojas más jóvenes.

➤ **Toxicidad**

- No se han establecido síntomas visuales de toxicidad de hierro absorbido por la raíz.

**Castañeda, F. (1997)**, indica que tiene tres fuentes principales: sulfato ferroso donde la solución debe tener un pH menor de seis para disolver bien. Es la fuente más barata de hierro. El cloruro férrico, es más caro que el sulfato ferroso y difícil de conseguir. Los quelatos proporcionan hierro asimilable por periodos de tiempo más largos que el sulfato ferroso y previenen la precipitación de fósforo, su precio es elevado.

**MANGANESO (Mn):**

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que es absorbido en forma de ion manganeso ( $Mn^{2+}$ ).

➤ **Características**

- Acelera la germinación y la maduración.
- Aumenta el aprovechamiento del calcio, el magnesio y el fósforo.
- Cataliza en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis.

➤ **Deficiencia**

- En tomates y remolachas causa la aparición de color verde pálido, amarillo y rojo entre las venas.
- El síntoma de clorosis se presenta igualmente entre las venas de las hojas viejas o jóvenes, dependiendo de la especie; estas hojas posteriormente mueren y se caen.

**Castañeda, F. (1997)**, refiere que en la solución nutritiva, es proporcionado como sulfato, cloruro o quelatos de manganeso.

## **ZINC (Zn):**

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que es adsorbido en forma de ion zinc ( $Zn^{2+}$ ).

### ➤ **Características**

- Es necesario para la formación normal de la clorofila y para el crecimiento.
- Es un importante activador de las enzimas que tienen que ver con la síntesis de proteínas, por lo cual las plantas deficientes en zinc son pobres en ellas.

### ➤ **Deficiencia**

- Su deficiencia en tomate ocasiona un engrosamiento basal de los peciolo de las hojas, pero disminuye su longitud; la lámina foliar toma una coloración pálida y una consistencia gruesa, apergaminada, con entorcha miento hacia afuera y con ondulaciones de bordes.
- El tamaño de los entrenudos y el de las hojas se reduce, especialmente en su anchura.

### ➤ **Toxicidad**

- Los excesos de zinc producen clorosis férrica en las plantas.

**Castañeda, F. (1997)**, indica que se aporta a la solución como sulfato o cloruro de zinc.

## **MOLIBDENO (Mo):**

**Zavaleta, A. (1992)**, menciona que es absorbido en forma de molibdeno ( $MoO_4^{2-}$ ).

### ➤ **Características**

- Es esencial en la fijación del nitrógeno que hacen las legumbres.

### ➤ **Deficiencias**

- Los síntomas se parecen a los del nitrógeno, porque la clorosis (amarilla miento) avanza desde las hojas más viejas hacia las jóvenes, las que se ahuecan y se quemán en los bordes.
- No se forma la lámina de las hojas, por lo que solo aparece la nervadura central.
- Afecta negativamente el desarrollo de las especies crucíferas (repollo, coliflor, brócoli), la remolacha, tomates y legumbres.

➤ **Toxicidad**

- En tomate, los excesos se manifiestan con la aparición de un color amarillo; en coliflor con la aparición de un color púrpura brillante en sus primeros estadios de desarrollo.

**Castañeda, F. (1997)**, dice que es requerido en pequeñas cantidades, se encuentra como impurezas en otros fertilizantes y por lo tanto no requiere de fuente adicional.

**COLORO (Cl):**

**Zavaleta, A. (1992)**, indica que es absorbido en forma de ion cloro (Cl<sup>-</sup>).

➤ **Deficiencia**

- Se produce marchitamiento inicial de las hojas, que luego se vuelven cloróticas, originando un color bronceado; después se mueren.
- El desarrollo de las raíces es pobre y se produce un engrosamiento anormal cerca de sus extremos.

➤ **Toxicidad**

- Los excesos producen el quemado de los bordes y extremos de las hojas; su tamaño se reduce y hay en general poco desarrollo.

**4.2.4.4 Requerimientos y manejo de un cultivo**

**Alvarado, D. et al. (2001)**, refieren que para el funcionamiento de cualquier sistema es necesario que se cumplan ciertas características mínimas para el desarrollo del cultivo, así como también ciertos procedimientos.

**a.- Requerimientos del entorno**

**Pennigsfeld y Kurzmann. (1983)**, indican que los factores más importantes a tener en consideración son la temperatura, luz, aporte de CO<sub>2</sub>, pH, humedad, contenido de oxígeno en la zona de raíces y la nutrición.

**Marulanda, CH. (1992)**, dice que el criterio más importante es que se tengan como mínimo 6 horas de luz al día, para esto es recomendable usar espacios con buena iluminación y cuyo eje longitudinal mayor este orientado hacia el norte. Se deben evitar aquellos espacios sombreados por árboles, los lugares inmediatos a casas u otras construcciones y los sitios expuestos a vientos fuertes.

**Alvarado, D. et al. (2001)**, refieren que también se debe tener en cuenta, que debido a que la exigencia de luz es muy alta, ésta no debe escasear, debido a que se formarían hojas delgadas y sin vigor, lo que se debe considerar también, al momento de decidir la densidad de establecimiento, para que ello no ocurra. Con respecto a la temperatura, ésta juega un rol muy importante tanto en la germinación como en el desarrollo, existiendo rangos óptimos y mínimos; también la temperatura junto con el fotoperiodo está relacionada, ya que, al darse las condiciones favorables en ambos factores de forma simultánea, la planta emite su tallo floral, siendo esto más fácil en plantas que no conforman una cabeza compacta.

**Castañeda, F. (1997)**, dice que debe estar cerca de fuentes de agua, pero no estar cerca de desagües, letrinas, basureros, ni ríos de aguas negras, ya que estos pueden contaminar nuestros cultivos.

**Marulanda, CH. (1992)**, indica que la importancia de la cercanía a fuentes de agua, es debido a una mayor comodidad y una minimización de los esfuerzos, ya que sean físicos o mecánicos, para transportar el agua, también que se localice en lugares no expuestos a vientos fuertes, que esté próximo al lugar en donde se preparan y guardan todos los insumos necesarios para el cultivo y la posibilidad de proporcionar una protección para proteger contra condiciones extremas del clima como heladas, granizo, alta radiación solar, vientos, etc.

#### **b. Temperatura**

**Morgan, L. (1999)**, dice que la lechuga es un cultivo de clima frío y producirá plantas de mejor calidad en las condiciones frías de invierno y primavera. La lechuga crecerá en temperaturas nocturnas menores a 4 °C, pero en forma lenta, entonces se recomienda aumentar la temperatura a 8°C en condiciones de invernadero. Las temperaturas diurnas no son críticas y la ventilación en sistemas de campo cubiertos con malla en invernaderos debe proveer una temperatura entre los rangos de 12°C a 21°C.

**Pennigsfeld y Kurzman. (1983)**, mencionan que datos sobre temperaturas ambientales existen innumerables estudios, pero de la temperatura sobre el sustrato muy poca, y sobre ello indican que tienen bastante influencia, como por ejemplo temperaturas muy bajas causa una baja absorción de agua por ende de nutrientes, pudiendo causar marchitamiento y clorosis, así como altas

temperaturas pueden afectar el desarrollo normal de las plantas, la reacción a las temperaturas del sustrato, dependen del origen de las plantas, así como para plantas de origen tropical, una baja en la temperatura del sustrato le es beneficioso, para las especies de clima frío sucede lo contrario, manteniendo en ambos casos rangos que no produzcan alteraciones en el normal desarrollo de las raíces.

**Alvarado, D. et al. (2001)**, indican que la temperatura actúa como controlador del crecimiento de las plantas, al influir sobre la aceleración de los procesos químicos internos cuando esta aumenta, los que se ven regulados por la acción de diferentes enzimas las cuales son funcionales a determinados rangos de temperaturas.

Siguiendo con lo anterior, si las temperaturas se encuentran fuera de los rangos, la actividad enzimática comienza a deteriorarse, teniendo como consecuencia que los procesos químicos se desarrollan más lento o que simplemente se detengan.

### **c. Luz**

**Pennigsfeld y Kurzman. (1983)**, dicen que la luz es un factor importante de tener en cuenta, para realizar un buen manejo de ésta, y esto va asociado con las especies que se están cultivando, por eso es esencial que para las plantas de días largo, sea necesario contar con la luz artificial cuando la natural ya no es suficiente, pero se debe tener en cuenta el factor económico que está implícito en el uso de dicha energía; en cambio, muchas veces en el verano es necesario recurrir a un sombreado de las plantas.

**Alvarado, D. et al. (2001)**, mencionan que para muchas semillas la luz no es necesario para la germinación, sin embargo, cuando aparecen los primeros cotiledones, esta deberá estar disponible, de lo contrario producirá un crecimiento débil de las plantas y un ahilamiento de éstas. Contrario a esto, una excesiva luz natural podría provocar quemaduras, por lo que una luz indirecta sería recomendada.

Además, consideran que es muy importante tener en cuenta la relación que existe con la solución nutritiva, debido a que esta no debe tener contacto con la luz, para que no exista la posibilidad de que se desarrollen algas que serán una competencia por los nutrientes con las plantas.

**Morgan, L. (1999)**, dice que luego de la absorción de nitrato, las plantas deben utilizar energía para convertirlo en amonio, la cual se obtiene de la luz y la fotosíntesis, por lo tanto, la asimilación y reducción del nitrato está estrechamente relacionado con la tasa de fotosíntesis. Bajo condiciones de alta luminosidad, donde la planta tiene una alta tasa de fotosíntesis, el nitrato es rápidamente asimilado y convertido, lo que sucede en forma contraria bajo condiciones de baja luminosidad, donde las plantas están forzadas a producir suficiente energía para la conversión de nitrato a amonio, y se tiende a reducir la energía disponible para el crecimiento.

#### **d. Aporte de CO<sub>2</sub>**

**Pennigsfeld y Kurzmann, (1983)**, expresan que son muy importantes en la realización de cultivos forzados, debido a que ante aumentos de las concentraciones de este componente se pueden obtener aumentos de rendimiento, manteniendo un nivel que no sea tóxico para el humano, y ventilando constantemente cuando se trate de sistemas cerrados como invernaderos, se debe también tomar en cuenta que los aumentos de concentraciones deben estar acompañados de luminosidad para que cumpla su propósito, de lo contrario se debe resguardar el aporte de éste.

**Albright, L. (2004)**, dice que la cantidad de CO<sub>2</sub> en el aire influye directamente en la fotosíntesis señalando además que la cantidad normal de este componente en aire es de 350 ppm los cuales en día de sol pueden disminuir hasta 100 ppm lo cual se traduce directamente en la disminución de la fotosíntesis.

#### **e. Humedad del ambiente**

**Albright, L. (2004)**, indica que la humedad del aire está relacionada con la velocidad de transpiración de la planta, la cual ante una elevada humedad relativa la planta transpira poco lo que reduce el transporte de nutrientes desde las raíces hacia las hojas.

**Pennigsfeld y Kurzman. (1983)**, indican que el aporte adecuado de humedad va en directa relación con la absorción de CO<sub>2</sub>, al estar en cantidades suficientes, y también tiene una influencia directa en el trabajo que desempeñan las estomas, en este sentido son especialmente exigentes las plantas de un gran sistema foliar

que transpira mucha agua. La humedad ambiente es posible de controlar con diversos sistemas, pero se debe tener cuidado con la incidencia de hongos.

#### **f. Oxigenación del sistema radicular**

**Morgan, L. (1999)**, dice que el requerimiento de oxígeno por la planta se conoce desde 1968 y algunos estudios fueron escritos en la década del 20; sin embargo, no fue hasta el desarrollo de los sistemas hidropónicos comerciales, en particular NTF, que se hicieron observaciones detalladas sobre el efecto del oxígeno disuelto en la solución. El sistema radicular requiere oxígeno para la respiración aeróbica, un proceso esencial que libera la energía requerida para el crecimiento radicular.

**Pennigslid y Kurzmann. (1983)**, indican que es indispensable para el éxito de los cultivos hidropónicos, por la respiración de las raíces, lo que se ve favorecido con un sustrato de estructura porosa y la aireación complementaria de la solución cuando se trata de un cultivo de raíz flotante.

De lo anterior, se obtendrá una buena producción, ya sea si se trata de una producción comercial o de consumo interno, lo cual es muy importante, por lo tanto, la oxigenación de la solución es indispensable y esta se puede realizar tanto en forma mecánica como manual.

**Alvarado, D. et al. (2001)**, indican que las lechugas pueden crecer en concentraciones de al menos 4 ppm de oxígeno disuelto en la solución, ya que la carencia de este detendrá el proceso de respiración teniendo como consecuencia un serio daño a la planta, es por esto que se recomienda mantener las concentraciones por encima de lo antes mencionado y como recomendación se señala 8 ppm.

**Morgan, L. (1999)**, dice que los ápices radicales tienen una gran demanda de energía para la producción y crecimiento celular, por lo tanto, son vulnerables a la carencia de oxígeno y más aún, si existe una carencia de oxígeno en las raíces apicales que están en crecimiento; puede existir una carencia de calcio, sobre todo en las partes, más nuevas de la planta, debido a que este elemento no se mueve rápido de las partes más viejas a las plantas más nuevas de la planta.

#### g. El pH

**Alvarado, D. et al. (2001)**, indican que la lechuga es una hortaliza clasificada como ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH entre 6.0 y 6.8; sin embargo, agrega que existen ciertos autores que afirman que la lechuga se desarrolla mejor en condiciones de pH más ácidos (5.0), además señala que la lechuga es una hortaliza medianamente tolerante a la salinidad. El control de pH es una de las ventajas que se tienen en comparación con el cultivo en tierra, pudiéndose realizar muestreos y ajustes con facilidad.

**Albright, L. (2004)**, dice que el pH de una solución es importante ya que controla la disponibilidad de sales de los fertilizantes, y se considera además como un pH óptimo de 5.8, para el crecimiento de la lechuga, aunque también es aceptable rangos entre 5.6 y 6.0.

**Alvarado, D. et al. (2001)**, manifiestan que pueden existir manifestaciones de toxicidad en las plantas siempre y cuando la fuente de nitrógeno aplicada a la solución provenga del amoníaco, la que se puede controlar manteniendo un pH neutro, es decir cercano a 7.0, o cambiando la fuente de nitrógeno por fuentes nítricas.

#### 4.2.5. Fitorreguladores

##### Imagen 01: Fitorregulador humega



Fuente: <https://www.google.com/search?q=fitorregulador+humega&tbm>

<https://www.deccoiberica.es/la-importancia-de-los-fitorreguladores-del-crecimiento/>, indica que Los fitorreguladores son productos naturales, normalmente se trata de hormonas vegetales (fitohormonas), que **se utilizan como reguladores del crecimiento de las plantas**, lo cual se consigue mediante la estimulación o paralización, según convenga, de las raíces y las partes aéreas.

El uso de fitorreguladores es cada vez más habitual en la agricultura ecológica u orgánica, convirtiéndose en una técnica de cultivo cuyo objetivo principal es **mejorar los procesos fisiológicos de las plantas**, lo que redundará en una mejora de la producción y de la calidad de las cosechas.

## V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Tipo de investigación

Experimental - Descriptivo

### 5.2. Ubicación espacial

#### 5.2.1 Ubicación geográfica

Longitud Oeste : 71°58'

Latitud Sur : 13°50'

Altitud : 3228 m

#### 5.2.2 Ubicación hidrográfica

Cuenca : Vilcanota

Sub cuenca : Watanay

Micro cuenca : Huanacaure

#### 5.2.3 Ubicación política

Región : Cusco

Provincia : Cusco

Distrito : San Jerónimo

Localidad : Centro Agronómico K'ayra

#### 5.2.4. Ubicación ecológica

De acuerdo a la determinación de Holdridge A., la zona de influencia del trabajo de investigación, tomando datos promedio de temperatura de 10 años con 15°C y precipitación anual de 640 mm, es considerada como Bosque húmedo montano sub tropical (bh-MS).

#### 5.2.5. Ubicación temporal

La investigación se llevó entre:

Inicio : Junio del 2019 (Almacigado).

Final : Setiembre del 2019 (Cosecha).

### 5.3 MATERIALES

#### 5.3.1 Material biológico

Cultivo : Lechuga (*Lactuca sativa L.*)

Variedad : White Boston llamado "mantecosa"

## **5.3.2. Materiales de campo, equipo y herramientas**

### **5.3.2.1. Materiales de campo**

- ❖ Fertilizantes: Urea, fosfato di amónico, cloruro de potasio
- ❖ Fitorregulador Humega
- ❖ Malla rashel
- ❖ Mangueras
- ❖ Probeta de 1,000 ml
- ❖ Palos rollizos
- ❖ Alambre galvanizado
- ❖ Clavos de 2", 3" y 4"
- ❖ Libreta de campo
- ❖ Etiquetas
- ❖ Letreros del campo e
- ❖ Letreros del campo experimental
- ❖ Tuberías de PVC 4"
- ❖ Pintura para tuberías y palos

### **5.3.2.2. Equipos**

- ❖ Electrobombas 0.5 HP
- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ Termómetro de ambiente
- ❖ Balanza de precisión
- ❖ Estufa
- ❖ Computadora
- ❖ Impresora
- ❖ Estufa
- ❖ Implementos de análisis de suelos

### **5.3.2.3. Herramientas**

- ❖ Cinta métrica
- ❖ Alicates
- ❖ Martillo
- ❖ Pico
- ❖ SERRUCHO
- ❖ Nivel de mano

- ❖ Pala
- ❖ Carretilla
- ❖ Barretas

## 5.4 MÉTODOS

### 5.4.1 Diseño experimental

Se adoptó un análisis estadístico de Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo factorial de 3A x 3B, 9 tratamientos, 4 repeticiones y total 36 unidades experimentales.

#### a. Factores de estudio

##### A. Niveles de extracción nutritiva

N<sub>1</sub>: 75 – 30 – 75

N<sub>2</sub>: 52 – 20 – 50

N<sub>0</sub>: Sin nutrientes

##### B. Dosis de fitorregulador Humega

D<sub>1</sub>: 9 ml Humega /l agua

D<sub>2</sub>: 6 ml Humega /l agua

D<sub>0</sub>: Sin fitorregulador

#### b. Tratamientos

**Cuadro 03: Combinación de tratamientos**

Nº Trat.	Combinaciones	Clave
<b>1</b>	75 – 30 – 75 / 9 ml Humega /l agua	N <sub>1</sub> / D <sub>1</sub>
<b>2</b>	75 – 30 – 75 / 6 ml Humega /l agua	N <sub>1</sub> / D <sub>2</sub>
<b>3</b>	75 – 30 – 75 / Sin fitorregulador	N <sub>1</sub> / D <sub>0</sub>
<b>4</b>	52 – 20 – 50 / 9 ml Humega /l agua	N <sub>2</sub> / D <sub>1</sub>
<b>5</b>	52 – 20 – 50 / 6 ml Humega /l agua	N <sub>2</sub> / D <sub>2</sub>
<b>6</b>	52 – 20 – 50 / Sin fitorregulador	N <sub>2</sub> / D <sub>0</sub>
<b>7</b>	Sin nutrientes / 9 ml Humega /l agua	N <sub>0</sub> / D <sub>1</sub>
<b>8</b>	Sin nutrientes / 6 ml Humega /l agua	N <sub>0</sub> / D <sub>2</sub>
<b>9</b>	Sin nutrientes / Sin fitorregulador (Testigo o control)	N <sub>0</sub> / D <sub>0</sub>

#### **5.4.2 Variables e indicadores**

##### **A. Rendimiento:**

- Peso fresco de cogollo, g/planta, t/ha.
- Peso fresco de raíz, en g/planta, t/ha.

##### **B. Comportamiento agronómico:**

- Altura de planta, cm.
- Diámetro de cogollo (cabeza), cm.
- Longitud de raíz, cm.

### 5.4.3 Croquis del campo experimental

N ←

10.00 m

		<b>T1</b>	<b>T1</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T2</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T3</b>	<b>T3</b>	
<b>I</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	<b>N<sub>1</sub> *</b>
<b>II</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	
<b>III</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	
<b>IV</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	
--											
		<b>T4</b>	<b>T4</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T5</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T6</b>	<b>T6</b>	
<b>I</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	<b>N<sub>2</sub> *</b>
<b>II</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	
<b>III</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	
<b>IV</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	
--											
		<b>T7</b>	<b>T7</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T8</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T9</b>	<b>T9</b>	
<b>I</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	<b>N<sub>0</sub> *</b>
<b>II</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	
<b>III</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	
<b>IV</b>		9	9	9	6	6	6	0	0	0	

1.20 m

**Leyenda:**

9, 6, 0 : Dosis de fitorregulador

N<sub>0</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> : Niveles de extracción nutritiva

• : Electrobomba 0.5HP

0 : Testigo

**Croquis de distribución de parcela ( 9 plantas por tratamiento):**



#### 5.4.4 Características del campo experimental

##### **Campo experimental (Fitotoldo):**

Largo	: 12 m
Ancho	: 6.70 m
Área	: 80.40 m <sup>2</sup>

##### **Bloques:**

N ° de bloques	: 4
Largo	: 10.00 m
Ancho	: 1.20 m

##### **Parcelas:**

N° de parcelas	: 9
Largo	: 3.00 m
Ancho	: 0.30 m
Distancia entre plantas	: 0.30 m
N ° de plantas /parcela	: 10
N° de plantas a evaluar / parcela	: 10
Área neta por planta	: 0.09 m <sup>2</sup>
Área neta a evaluar /parcela	: 0.90 m <sup>2</sup>

##### **Calles:**

Ancho	: 1.0 m
N° de calles	: 4

#### 5.4.5 Conducción del experimento

##### - **Almácigo:**

En una cama almaciguera de 1.0 m<sup>2</sup> se preparó sustrato tamizado de arena más compost, para sembrar la variedad de lechuga White Boston, comprobando previamente el poder germinativo de las semillas. Cubriendo con el mismo sustrato las semillas en pequeños surquitos a una profundidad de 1 cm; y sobre el mismo se taparon con paja y tinglado con malla rashel.

Esta labor se realizó el día 15 de junio del 2019.

### **Fotografía 01: Preparación de almácigo de lechuga.**



#### **- Techado y tinglado de fitotoldo:**

A fin de evitar daños en las plantas como consecuencia de la fuerte radiación solar directa, se ha cubierto el campo experimental con un tinglado de malla a 50 % de sombra, sobre palos rollizos de eucalipto.

#### **- Lavado de tuberías de PVC**

Al principio, en las tuberías de PVC instaladas se llenaron con agua mezcladas con legía, a fin de lavar las impurezas y suciedad pegadas al interior de las tuberías, esto con ayuda de un hisopo de tela sujetado con un alambre N° 18.

#### **- Nivelado de tuberías de PVC**

Antes de mezclar los tubos hidropónicos con solución nutritiva, estos se nivelaron asegurando que el agua en las tuberías quede a la misma altura, es decir, la superficie del agua estuvo a nivel cero de pendiente. Asimismo, se ha regulado el motor, respecto a la velocidad de circulación del sustrato agua que fue uniforme dentro de las tuberías. Además, la oxigenación estuvo regulado mediante un temporizador eléctrico.

## - Incorporación de nutrientes

Con agua limpia en circulación dentro de las tuberías a través de la fuerza generada por pequeñas electrobombas, se agregaron las soluciones nutritivas de macronutrientes preparadas a partir de fertilizantes existentes en el mercado (Fosfato di amónico de 18 – 46% de N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, urea 46% N y cloruro de potasio 60% K<sub>2</sub>O).

En los tratamientos correspondientes se aplicaron por vía foliar las dosis del fito regulador Humega, donde la primera aplicación fue a 15 días después del trasplante y los siguientes cada 7 días hasta 15 días antes de la cosecha.

**Fotografía 02: Incorporación de nutrientes.**



La frecuencia de aplicación del fito regulador Humega fue como sigue:

<u>N° Orden</u>	<u>Fecha</u>
1	04 agosto 2019
2	11 agosto 2019
3	18 agosto 2019
4	25 agosto 2019
5	01 setiembre 2019
6	08 setiembre 2019
7	15 setiembre del 2019

- **Trasplante**

Cuando en el almácigo las plántulas de lechuga tenían de 7 a 8 cm de altura, se procedió a retirar las plantitas lavando con agua limpia tanto la tierra como el humus adheridos a las raíces; luego se envolvieron uno por uno a la altura del cuello de la raíz con una tira de esponja de tela de 30 cm de largo x 3 cm de ancho, e inmediatamente se colocaron dentro de un vasito de plástico descartable abierto en su base, esta última operación con la finalidad de dar soporte a las plantitas dentro de las tuberías hidropónicas con agua en circulación.

Esta labor se realizó el día 20 de julio del 2019, a los 35 días de la siembra en almácigo.

**Fotografía 03: Plántulas de lechuga Var. White Boston listo para trasplante.**



**Fotografía 04: Plántulas cubiertas con esponja de tela para trasplante.**



**Fotografía 05: Plántulas cubierta con esponja de tela antes colocar en las tuberías PVC.**



**Fotografía 06: Aplicación de Solución Hidropónica A y B La Molina, durante el crecimiento y desarrollo de lechuga.**



#### **5.4.6 Evaluación de variables**

La evaluación de las variables que se describen a continuación, se realizó cuando el cultivo de lechuga se encontraba en estado fisiológico de madurez comercial. Cosechando todas las plantas existentes en cada tratamiento, y luego se tomaron los promedios por planta según sus unidades de medida correspondientes.

**Fotografía 07: Mostrando lechuga en momento de cosecha.**



## **A. Rendimiento**

### **- Peso fresco del cogollo**

Durante la cosecha, se procedió a cortar con ayuda de un cuchillo, separando el cogollo de la raíz; para inmediatamente pesar en gramos de cogollo fresco, empleando una balanza en gramos. Después, los resultados cuantitativos hallados se tabularon para los análisis estadísticos.

**Fotografía 08: Tomando peso del cogollo de lechuga.**



- **Peso fresco de raíz**

Las raíces cortadas que han quedado después de evaluar el cogollo, se tomaron uno por uno para su pesado en gramos por planta.

**Fotografía 09: Tomando peso fresco de raíz**



**B. Comportamiento agronómico**

- **Altura de planta**

Con la ayuda de una regla milimétrica, se tomó la medida de altura de planta, desde la parte externa de las tuberías de PVC hasta el ápice superior de las hojas que conforman el cogollo; siendo el centímetro como unidad de medida para los cálculos respectivos.

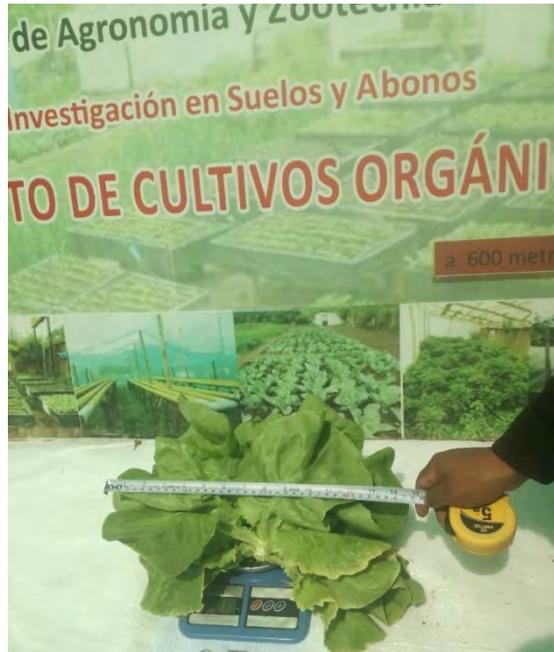
**Fotografía 10: Tomando altura de planta de lechuga.**



- **Diámetro del cogollo**

Una vez separado el cogollo fresco, y empleando una regla milimétrica (vernier) se midió el diámetro, entre los extremos bordes de las hojas de la lechuga. Las unidades de medida de los datos tomados para los cálculos estadísticos fueron en centímetros.

**Fotografía 11: Tomando diámetro de cogollo de lechuga.**



- **Longitud de la raíz**

Se tomó medida de la longitud de la raíz con ayuda de una regla milimétrica en centímetros, los que después de tabular sirvieron para los análisis estadísticos.

**Fotografía 12: Midiendo longitud de raíz de lechuga.**



## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Rendimiento

Cuadro 04: Peso fresco del cogollo (g/planta)

Nivel extrac. Dosis fit. Repet.	75 - 30 - 75			52 - 20 - 50			Sin nivel de extracción			Total
	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	
I	230.00	200.00	165.00	265.00	240.00	170.00	80.00	120.00	62.00	1532.00
II	229.00	202.00	162.00	250.00	250.00	174.00	78.00	123.00	61.00	1529.00
III	230.00	205.00	170.00	270.00	241.00	171.00	76.00	120.00	60.00	1543.00
IV	230.00	205.00	168.00	260.00	240.00	169.00	82.00	118.00	64.00	1536.00
Suma	919.00	812.00	665.00	1045.00	971.00	684.00	316.00	481.00	247.00	6140.00
Promedio	229.75	203.00	166.25	261.25	242.75	171.00	79.00	120.25	61.75	170.56
Nivel extracción nutritiva	75 - 30 - 75 Suma = 2396.00 Promedio = 199.67			52 - 20 - 50 Suma = 2700.00 Promedio = 225.00			Sin nivel de extracción Suma = 1044.00 Promedio = 87.00			6140.00 170.56
Dosis fitoregulador Humega	9 ml Humega /litro agua Suma = 2280.00 Promedio = 190.00			6 ml Humega /litro agua Suma = 2264.00 Promedio = 188.67			Sin fitoregul. Humega Suma = 1596.00 Promedio = 133.00			6140.00 170.56

**Cuadro 05: ANVA para Peso fresco del cogollo (g/planta)**

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	12.2222	4.0741	0.2518	0.07100	0.02400	NS. NS.
Tratamientos	8	163058.3889	20382.2986	1259.8588	2.36000	3.36000	**
Nivel extrac. (N)	2	129518.2222	64759.1111	4002.8525	3.40000	5.61000	**
Dosis fitoreg. (D)	2	25398.2222	12699.1111	784.9501	3.40000	5.61000	**
Interacción N * D	4	8141.9444	2035.4861	125.8163	2.78000	4.22000	**
Error	24	388.2778	16.1782				
Total	35	163458.8889	<b>CV = 2.36%</b>				

Del cuadro 05 del ANVA para peso fresco del cogollo se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 2.36% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresan confiabilidad en sus resultados. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, niveles de extracción nutritiva, dosis de fitoreguladores e interacción de niveles de extracción nutritiva por dosis de fitoreguladores.

**Cuadro 06: Prueba Tukey de tratamientos para Peso fresco del cogollo (g/planta)**

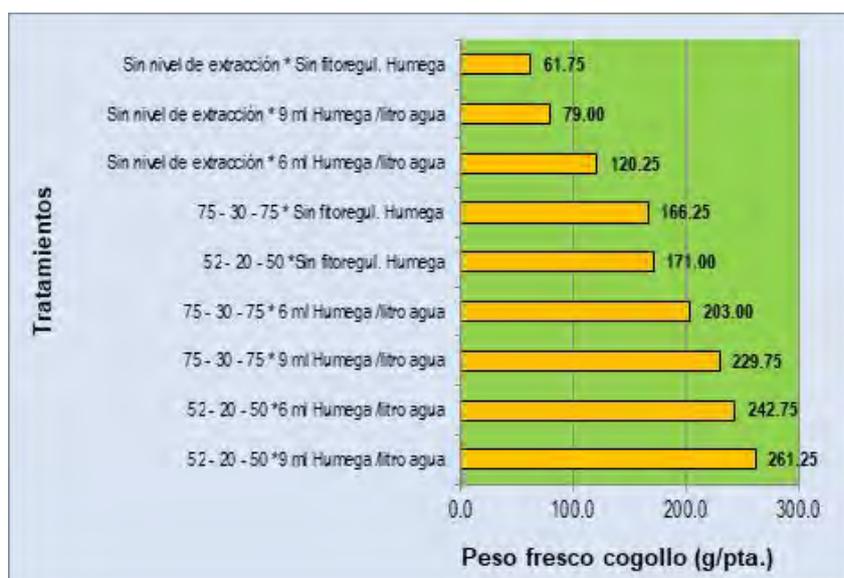
ALS (5%)= 9.67

ALS (1%)= 11.68

Orden de Mérito	Tratamientos	Peso fresco del cogollo (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50*9 ml Humega /litro agua	261.25	a	a
II	52 - 20 - 50*6 ml Humega /litro agua	242.75	b	b
III	75 - 30 - 75 * 9 ml Humega /litro agua	229.75	c	c
IV	75 - 30 - 75 * 6 ml Humega /litro agua	203.00	d	d
V	52 - 20 - 50 *Sin fitoregul. Humega	171.00	e	e
VI	75 - 30 - 75 * Sin fitoregul. Humega	166.25	e	e
VII	Sin nivel de extracción * 6 ml Humega /litro agua	120.25	f	f
VIII	Sin nivel de extracción * 9 ml Humega /litro agua	79.00	g	g
IX	Sin nivel de extracción * Sin fitoregul. Humega	61.75	h	h

Del cuadro 06 de Prueba de Tukey de tratamientos para peso fresco del cogollo se desprende que, al 1% de significancia el tratamiento 52-20-50\* 9 ml Humega/litro de agua, con 261.25 g/planta, ocupó el primer lugar, y el tratamiento Sin nivel de extracción\* Sin fitoregulador Humega, con 61.75 g/planta ocupó el último lugar; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe a la alta dosis del fitoregulador Humega como estimulante natural de la hormona de crecimiento de la parte foliar de lechuga. Sin embargo, **Choque, W. (2017)**, en su trabajo de investigación “Comparativo de cinco dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K’ayra-Cusco”, sólo alcanzó 177.00 g/planta en peso fresco del cogollo de lechuga variedad White Boston con dosis de 7 ml A más 4 ml B /Lt de agua, donde no consideró el fitoregulador Humega. Por otra parte, **Mollehuanca, E. (2019)**, en el trabajo de investigación “Comparativo de dosis de soluciones nutritivas inorgánicas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa L.* Var. White Boston) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K’ayra – Cusco”, con el tratamiento de 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/l de agua el cual es estadísticamente superior a los demás tratamientos con 957.50 g/planta de peso del cogollo.

**Gráfico 01: Peso fresco del cogollo (g/planta) para Tratamientos**



**Cuadro 07: Prueba Tukey de Nivel extracción para Peso fresco del cogollo (g/planta)**

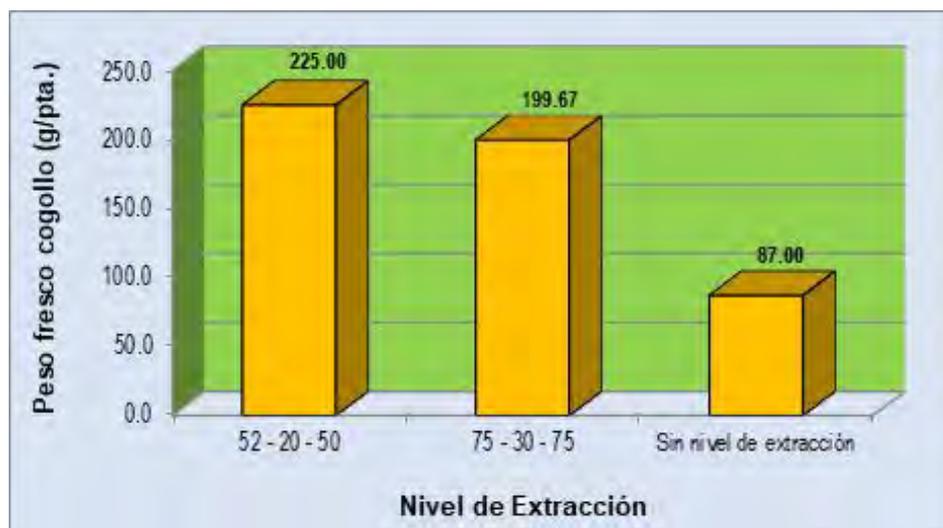
ALS (5%)= 4.10

ALS (1%)= 5.28

Orden de Mérito	Nivel de extracción	Peso fresco del cogollo (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	52- 20 - 50	225.00	a	a
II	75 - 30 - 75	199.67	b	b
III	Sin nivel de extracción	87.00	c	c

Del cuadro 07 de Prueba Tukey de nivel de extracción para peso fresco del cogollo se desprende que, al 1% de significancia el nivel de extracción 52-20-50, con 225.00 g/planta ocupa el primer lugar respecto a los demás niveles de extracción, siendo el tratamiento Sin nivel de extracción nutritiva con solo 87.00 g/planta que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992).

**Gráfico 02: Peso fresco del cogollo (g/planta) para Nivel de extracción**



**Cuadro 08: Prueba Tukey de Dosis fitoregulador para peso fresco del cogollo (g/planta)**

ALS (5%)= 4.10

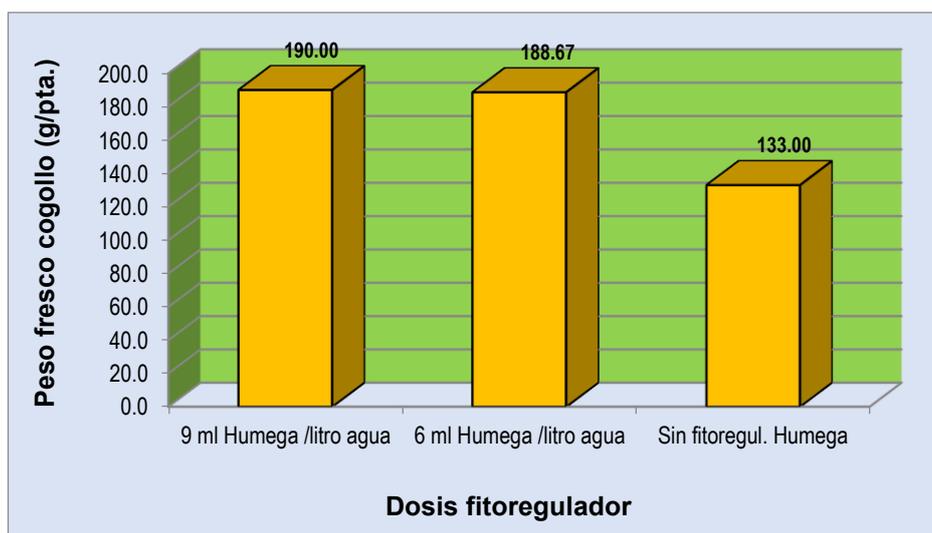
ALS (1%)= 5.28

Orden de Mérito	Dosis fitoregulador	Peso fresco del cogollo (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	9 ml Humega /litro agua	190.00	a	a
II	6 ml Humega /litro agua	188.67	a	a
III	Sin fitoregul. Humega	133.00	b	b

Del cuadro 08 Prueba Tukey de dosis de fitoregulador para peso fresco de cogollo se desprende que, tanto a la significancia de 5% y 1% las dosis 9 ml y 6 ml Humega

/litro agua con 190.00 y 188.67 g/planta respectivamente, fueron superiores a la dosis Sin fitoregulador Humega con solo 133.00 g/planta. Esta superioridad se debe básicamente a las características del ácido húmico, sin que exista variación marcada en las dosis propuestas en el estudio.

**Gráfico 03: Peso fresco del cogollo (g/planta) para Dosis fitoregulador**



**Cuadro 09: Ordenamiento interacción Nivel extracción \* Dosis fitoregulador para Peso fresco del cogollo (g/planta)**

Dosis fitoregulador		Nivel de extracción			Total
		75 - 30 - 75	52 - 20 - 50	Sin nivel de extracción	
9 ml Humega /litro agua	Suma	919.00	1,045.00	316.00	2,280.00
	Prom.	229.75	261.25	79.00	
6 ml Humega /litro agua	Suma	812.00	971.00	481.00	2,264.00
	Prom.	203.00	242.75	120.25	
Sin fitoregul. Humega	Suma	665.00	684.00	247.00	1,596.00
	Prom.	166.25	171.00	61.75	
		2,396.00	2,700.00	1,044.00	6,140.00

**Cuadro 10: ANVA auxiliar para interacción Nivel extracción \* Dosis fitoregulador para Peso fresco del cogollo (g/planta)**

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft.		Grado de Signif.
					5%	1%	
9 ml Humega/l * Nivel estrac.	02	75,910.500	37,955.250	2,346.07	3.4000	5.6100	**
6 ml Humega/l * Nivel estrac.	02	31,245.167	15,622.583	965.65	3.4000	5.6100	**
Sin fitoreg. * Nivel estrac.	02	30,504.500	15,252.250	942.76	3.4000	5.6100	**
Error	24	388.278	16.178				

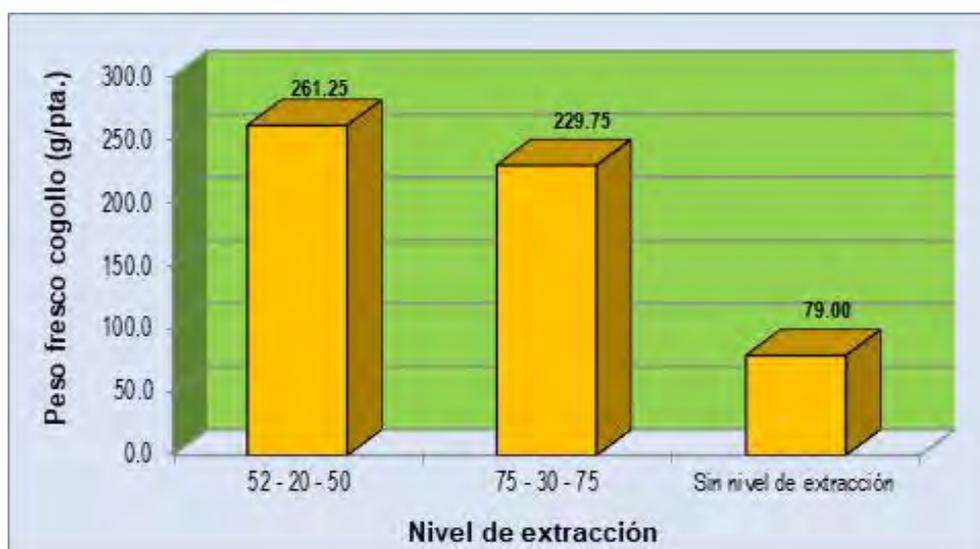
Del cuadro 10 ANVA auxiliar para interacción nivel de extracción \* dosis de fitoregulador en peso fresco de cogollo se desprende que, existe diferencia altamente significativa en las dosis de fitoregulador Humega por efecto del nivel de extracción de nutrientes.

**Cuadro 11: Prueba Tukey 9 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción para Peso fresco del cogollo (g/planta)**

Orden de Mérito	9 ml Humega /litro agua	Peso fresco del cogollo (g/planta)	Significación	
			5%	1%
			I	52 - 20 - 50
II	75 - 30 - 75	229.75	b	b
III	Sin nivel de extracción	79.00	c	c

Del cuadro 11 de Prueba Tukey para nivel de extracción en 9 ml Humega /litro agua en peso fresco del cogollo se desprende que, al 1% de significancia el nivel 52-50-50 con 261.25 g/planta es superior a los demás niveles, siendo el tratamiento Sin nivel de extracción con sólo 79.00 g/planta que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992).

**Gráfico 04: Peso fresco del cogollo (g/planta) para 9 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción**

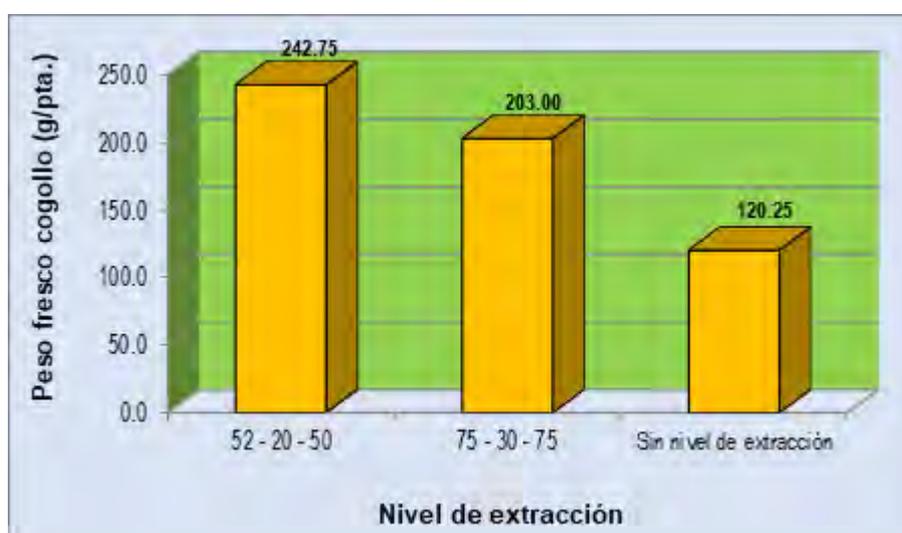


**Cuadro 12: Prueba Tukey 6 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción para Peso fresco del cogollo (g/planta)**

Orden de Mérito	6 ml Humega /litro agua	Peso fresco del cogollo (g/planta)	Significación	
			5%	1%
			I	52 - 20 - 50
II	75 - 30 - 75	203.00	b	b
III	Sin nivel de extracción	120.25	c	c

Del cuadro 12 de Prueba Tukey para nivel de extracción en 6 ml Humega /litro agua en peso fresco del cogollo se desprende que, al 1% de significancia el nivel 52-20-50 con 242.75 g/planta es superior a los demás niveles, siendo el tratamiento Sin nivel con sólo 120.25 g/planta que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992); donde comparado con el cuadro 11, ambas dosis de fitoregulador Humega se comportaron indistintamente.

**Gráfico 05: Peso fresco del cogollo (g/planta) para 6 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción**

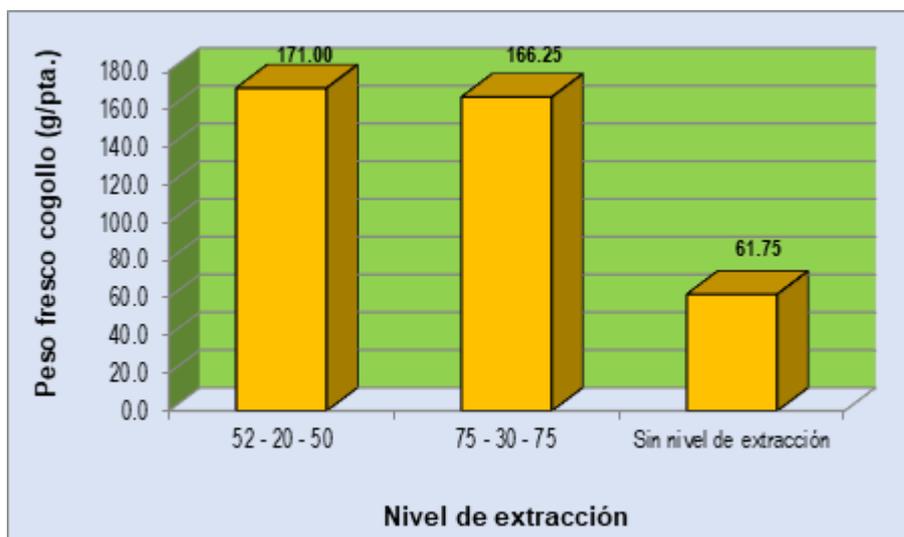


**Cuadro 13: Prueba Tukey Sin fitoregulador Humega en Nivel de extracción para Peso fresco del cogollo (g/planta)**

Orden de Mérito	Sin Fitoregulador Humega	Peso fresco del cogollo (g/planta)	Significación	
			5%	1%
			I	52 - 20 - 50
II	75 - 30 - 75	166.25	a	a
III	Sin nivel de extracción	61.75	b	b

Del cuadro 13 de Prueba Tukey para nivel de extracción en el tratamiento Sin fitoregulador Humega de peso fresco del cogollo se desprende que, al 1% de significancia, tanto el nivel 52-20-50 y 75-30-75 con 171.00 y 166.25 g/planta respectivamente, fueron similares y superiores al tratamiento Sin nivel de extracción nutritiva con sólo 61.75 g/planta, que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe solamente a la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles como nivel de extracción para la producción del cogollo fresco.

**Gráfico 06: Peso fresco del cogollo (g/planta) para Sin fitoregulador Humega en Nivel de extracción**



Cuadro 14: Peso fresco de raíz (g/planta)

Nivel extrac.	75 - 30 - 75			52 - 20 - 50			Sin nivel de extracción			Total	
	Dosis fit. Repet.	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua		Sin fitoregul. Humega
I		32.00	34.00	30.00	40.00	38.00	20.00	22.00	16.00	10.00	242.00
II		32.00	35.00	34.00	38.00	39.00	18.00	20.00	14.00	12.00	242.00
III		34.00	32.00	32.00	39.00	41.00	16.00	22.00	18.00	9.00	243.00
IV		30.00	33.00	31.00	41.00	40.00	22.00	20.00	15.00	14.00	246.00
Suma		128.00	134.00	127.00	158.00	158.00	76.00	84.00	63.00	45.00	973.00
Promedio		32.00	33.50	31.75	39.50	39.50	19.00	21.00	15.75	11.25	27.03
Nivel extracción nutritiva		75 - 30 - 75 Suma = 389.00 Promedio = 32.42			52 - 20 - 50 Suma = 392.00 Promedio = 32.67			Sin nivel de extracción Suma = 192.00 Promedio = 16.00			973.00 27.03
Dosis fitoregulador Humega		9 ml Humega /litro agua Suma = 370.00 Promedio = 30.83			6 ml Humega /litro agua Suma = 355.00 Promedio = 29.58			Sin fitoregul. Humega Suma = 248.00 Promedio = 20.67			973.00 27.03

**Cuadro 15: ANVA para Peso fresco de raíz (g/planta)**

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	1.1944	0.3981	0.1224	0.07100	0.02400	NS. NS.
Tratamientos	8	3507.7222	438.4653	134.8164	2.36000	3.36000	**
Nivel extrac. (N)	2	2189.3889	1094.6944	336.5893	3.40000	5.61000	**
Dosis fitoreg. (D)	2	737.7222	368.8611	113.4149	3.40000	5.61000	**
Interacción N * D	4	580.6111	145.1528	44.6306	2.78000	4.22000	**
Error	24	78.0556	3.2523				
Total	35	3586.9722	<b>CV = 6.67%</b>				

Del cuadro 15 del ANVA para peso fresco de raíz se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 6.67% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresan confiabilidad en sus resultados. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, niveles de extracción nutritiva, dosis de fitoreguladores e interacción de niveles de extracción nutritiva por dosis de fitoreguladores.

**Cuadro 16: Prueba Tukey de tratamientos para Peso fresco de raíz (g/planta)**

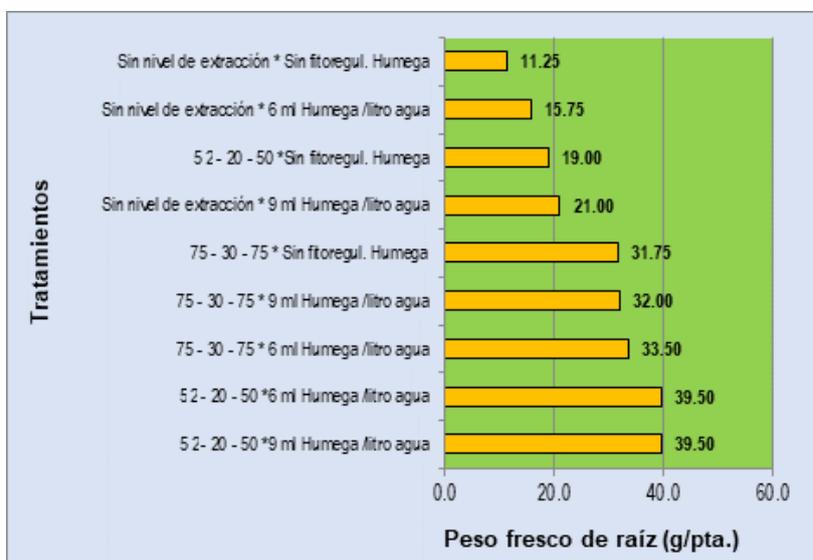
ALS (5%)= 4.34                      ALS (1%)= 5.24

Orden de Mérito	Tratamientos	Peso fresco de raíz (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50 *9 ml Humega /litro agua	39.50	a	a
II	52- 20 - 50 *6 ml Humega /litro agua	39.50	a	a
III	75 - 30 - 75 * 6 ml Humega /litro agua	33.50	b	b
IV	75 - 30 - 75 * 9 ml Humega /litro agua	32.00	b	b
V	75 - 30 - 75 * Sin fitoregul. Humega	31.75	b	b
VI	Sin nivel de extracción * 9 ml Humega /litro agua	21.00	c	c
VII	52- 20 - 50 *Sin fitoregul. Humega	19.00	c d	c d
VIII	Sin nivel de extracción * 6 ml Humega /litro agua	15.75	d	d e
IX	Sin nivel de extracción * Sin fitoregul. Humega	11.25	e	e

Del cuadro 16 de Prueba de Tukey de tratamientos para peso fresco de raíz se desprende que, al 1% de significancia los tratamientos 52-20-50\* 9 ml Humega/litro de agua y 52-20-50\* 6 ml Humega /litro de agua, ambos con 39.50 g/planta, ocuparon los primeros lugares, y el tratamiento Sin nivel de extracción\* Sin fitoregulador Humega, con 11.25 g/planta ocupó el último lugar; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe al nivel de

extracción determinada (Vitorino, B. 1992) más no a las dosis del fitoregulador Humega en el peso de raíz.

Gráfico 07: Peso fresco de raíz (g/planta) para Tratamientos



Cuadro 17: Prueba Tukey de Nivel extracción para Peso fresco de raíz (g/planta)

ALS (5%)= 1.84

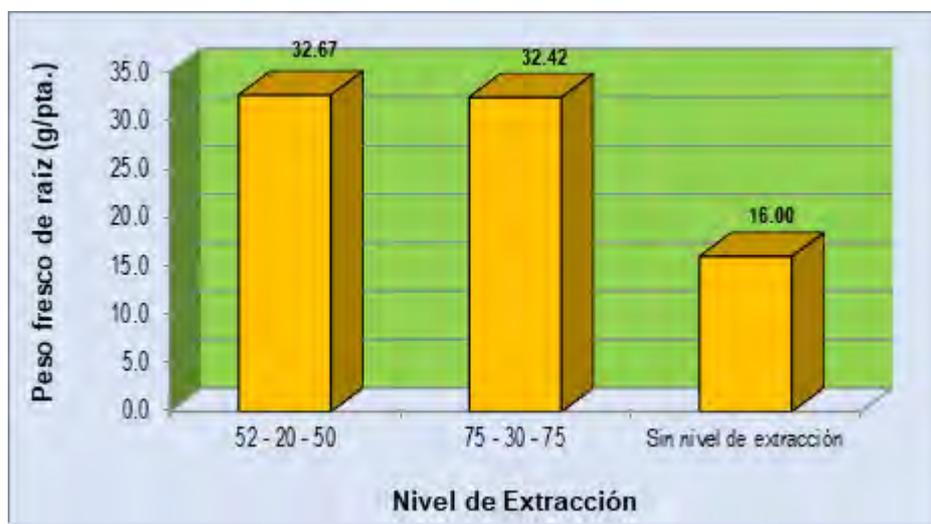
ALS (1%)= 2.37

Orden de Mérito	Nivel de extracción	Peso fresco de raíz (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50	32.67	a	a
II	75 - 30 - 75	32.42	a	a
III	Sin nivel de extracción	16.00	b	b

Del cuadro 17 de Prueba Tukey de nivel de extracción para peso fresco de raíz se desprende que, al 1% de significancia los niveles de extracción 52-20-50 y 75 – 30 - 75, con 32.67 y 32.42 g/planta respectivamente ocuparon los primeros lugares, respecto al tratamiento Sin nivel de extracción nutritiva con solo 16.00 g/planta que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992), por lo que se deduce que no hubo efecto del fitoregulador Humega debido a que el ácido húmico no tuvo influencia en la absorción de elementos nutritivos cuando las raíces se encontraban sumergidas en sustrato agua. Además, Choque, W. (2017), en su trabajo de investigación “Comparativo de cinco dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante el sistema hidropónico de raíz

flotante en K'ayra-Cusco", sólo alcanzó 14.97 g/planta en peso fresco de la raíz de lechuga variedad White Boston con dosis de 7 ml A más 4 ml B /Lt de agua.

**Gráfico 08: Peso fresco de raíz (g/planta) para Nivel de extracción**



**Cuadro 18: Prueba Tukey de Dosis fitoregulador para peso fresco de raíz (g/planta)**

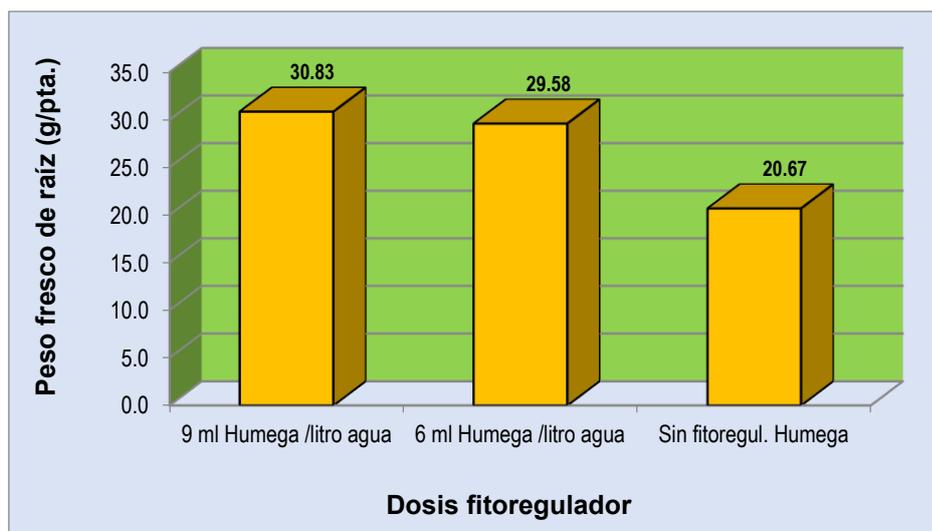
ALS (5%)= 1.84

ALS (1%)= 2.37

Orden de Mérito	Dosis fitoregulador	Peso fresco de raíz (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	9 ml Humega /litro agua	30.83	a	a
II	6 ml Humega /litro agua	29.58	a	a
III	Sin fitoregul. Humega	20.67	b	b

Del cuadro 18 Prueba Tukey de dosis de fitoregulador para peso fresco de raíz se desprende que, tanto a la significancia de 5% y 1% las dosis 9 ml y 6 ml Humega /litro agua con 30.83 y 29.58 g/planta respectivamente, fueron superiores a la dosis Sin fitoregulador Humega con solo 20.67 g/planta. Esta superioridad se debe básicamente a las características del ácido húmico, sin que exista variación marcada en las dosis propuestas en el estudio.

**Gráfico 09: Peso fresco de raíz (g/planta) para Dosis fitoregulador**



**Cuadro 19: Ordenamiento interaccion Nivel extraccion \* Dosis fitoregulador para Peso fresco de raíz (g/planta)**

Dosis fitoregulador	Nivel de extracción	75 - 30 - 75	52 - 20 - 50	Sin nivel de extracción	Total
		9 ml Humega /litro agua	Suma Prom.	128.00 32.00	158.00 39.50
6 ml Humega /litro agua	Suma Prom.	134.00 33.50	158.00 39.50	63.00 15.75	355.00
Sin fitoregul. Humega	Suma Prom.	127.00 31.75	76.00 19.00	45.00 11.25	248.00
		389.00	392.00	192.00	973.00

**Cuadro 20: ANVA auxiliar para interacción Nivel extracción \* Dosis fitoregulador para Peso fresco de raíz (g/planta)**

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft.		Grado de Signif.
					5%	1%	
9 ml Humega/ * Nivel estrac.	02	692.667	346.333	106.49	3.4000	5.6100	**
6 ml Humega/ * Nivel estrac.	02	1,220.167	610.083	187.58	3.4000	5.6100	**
Sin fitoreg. * Nivel estrac.	02	857.167	428.583	131.78	3.4000	5.6100	**
Error	24	78.056	3.252				

Del cuadro 20 ANVA auxiliar para interacción nivel de extracción \* dosis de fitoregulador en peso fresco de raíz se desprende que, existe diferencia altamente significativa en las dosis de fitoregulador Humega por efecto del nivel de extracción de nutrientes.

**Cuadro 21: Prueba Tukey 9 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción para Peso fresco de raíz (g/planta)**

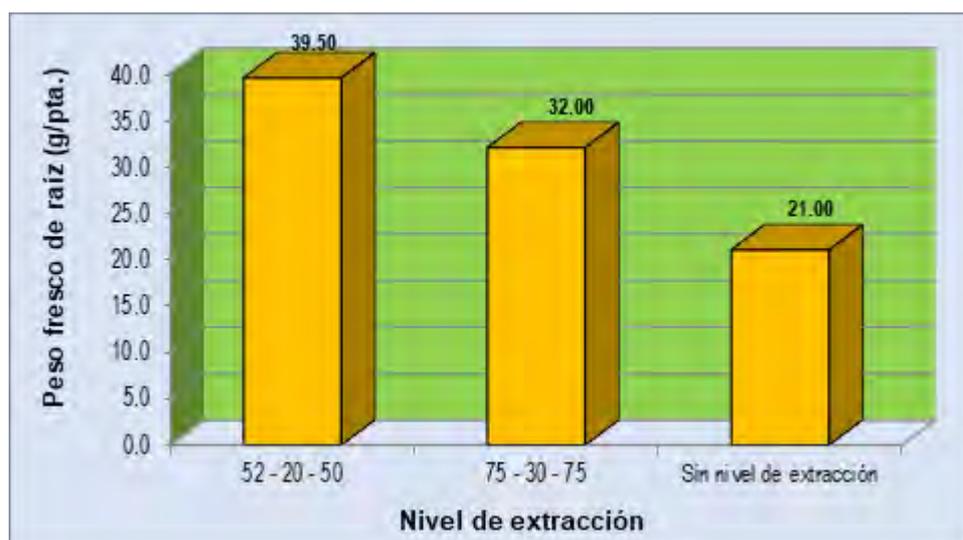
ALS (5%)= 3.18

ALS (1%)= 4.10

Orden de Mérito	9 ml Humega /litro agua	Peso fresco de raíz (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50	39.50	a	a
II	75 - 30 - 75	32.00	b	b
III	Sin nivel de extracción	21.00	c	c

Del cuadro 21 de Prueba Tukey para nivel de extracción en 9 ml Humega /litro agua en peso fresco de raíz se desprende que, al 1% de significancia el nivel 52-20-50 con 39.50 g/planta es superior a los demás niveles, siendo el tratamiento Sin nivel de extracción con sólo 21.00 g/planta que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992).

**Gráfico 10: Peso fresco de raíz (g/planta) para 9 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción**



**Cuadro 22: Prueba Tukey 6 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción para Peso fresco de raíz (g/planta)**

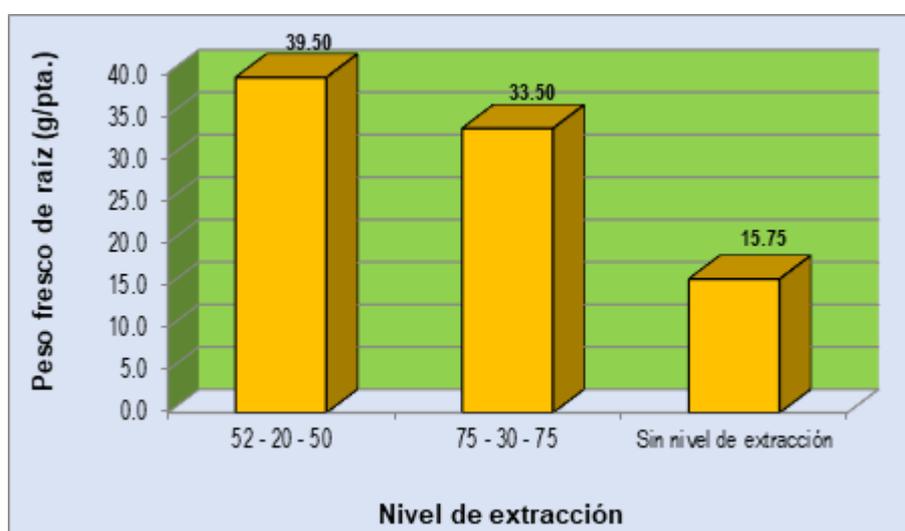
ALS (5%)= 3.18

ALS (1%)= 4.10

Orden de Mérito	6 ml Humega /litro agua	Peso fresco de raíz (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50	39.50	a	a
II	75 - 30 - 75	33.50	b	b
III	Sin nivel de extracción	15.75	c	c

Del cuadro 22 de Prueba Tukey para nivel de extracción en 6 ml Humega /litro agua en peso fresco de raíz se desprende que, al 1% de significancia el nivel 52-20-50 con 39.50 g/planta es superior a los demás niveles, siendo el tratamiento Sin nivel con sólo 15.75 g/planta que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992); donde comparado con el cuadro 11 y 22, ambas dosis de fitoregulador Humega se comportaron indistintamente.

Gráfico 11: Peso fresco de raíz (g/planta) para 6 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción



Cuadro 23: Prueba Tukey Sin fitoregulador Humega en Nivel de extracción para Peso fresco de raíz (g/planta)

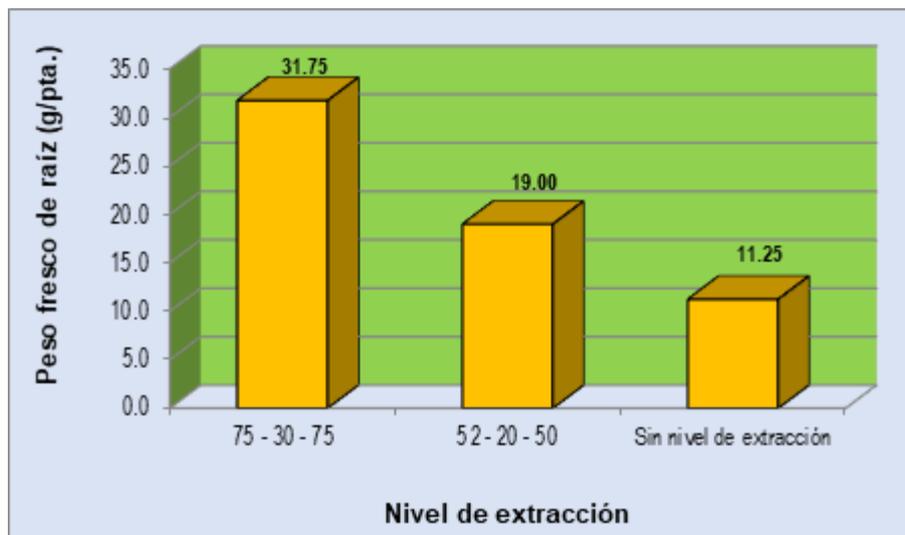
ALS (5%)= 3.18

ALS (1%)= 4.10

Orden de Mérito	Sin Fitoregulador Humega	Peso fresco de raíz (g/planta)	Significación	
			5%	1%
I	75 - 30 - 75	31.75	a	a
II	52 - 20 - 50	19.00	b	b
III	Sin nivel de extracción	11.25	c	c

Del cuadro 23 de Prueba Tukey para nivel de extracción en el tratamiento Sin fitoregulador Humega de peso fresco de raíz se desprende que, al 1% de significancia, el nivel 75-30-75 con 31.75 g/planta, es superior a los demás tratamientos, ocupando el último lugar el tratamiento Sin nivel de extracción con sólo 11.25 g/planta. Esta superioridad se debe solamente a la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles como nivel de extracción para la producción de la parte radicular de lechuga.

Gráfico 12: Peso fresco de raíz (g/planta) para Sin fitoregulador Humega en Nivel de extracción



Cuadro 24: Altura de planta (cm)

Nivel extrac.	75 - 30 - 75			52 - 20 - 50			Sin nivel de extracción			Total	
	Dosis fit.	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua		Sin fitoregul. Humega
Repet.											
I		25.00	24.00	19.00	22.00	20.00	17.00	16.00	12.00	10.00	165.00
II		24.00	21.00	18.00	22.00	18.00	17.00	18.00	10.00	9.00	157.00
III		26.00	22.00	21.00	23.00	22.00	18.00	14.00	12.00	9.00	167.00
IV		23.00	25.00	19.00	18.00	20.00	18.00	16.00	10.00	10.00	159.00
Suma		98.00	92.00	77.00	85.00	80.00	70.00	64.00	44.00	38.00	648.00
Promedio		24.50	23.00	19.25	21.25	20.00	17.50	16.00	11.00	9.50	18.00
Nivel extracción nutritiva		75 - 30 - 75 Suma = 267.00 Promedio = 22.25			52 - 20 - 50 Suma = 235.00 Promedio = 19.58			Sin nivel de extracción Suma = 146.00 Promedio = 12.17			648.00 18.00
Dosis fitoregulador Humega		9 ml Humega /litro agua Suma = 247.00 Promedio = 20.58			6 ml Humega /litro agua Suma = 216.00 Promedio = 18.00			Sin fitoregul. Humega Suma = 185.00 Promedio = 15.42			648.00 18.00

**Cuadro 25: ANVA para Altura de planta (cm)**

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	7.5556	2.5185	1.2350	3.01000	4.72000	NS. NS.
Tratamientos	8	835.5000	104.4375	51.2111	2.36000	3.36000	**
Nivel extrac. (N)	2	655.1667	327.5833	160.6311	3.40000	5.61000	**
Dosis fitoreg (D)	2	160.1667	80.0833	39.2690	3.40000	5.61000	**
Interacción N * D	4	20.1667	5.0417	2.4722	2.78000	4.22000	NS. NS.
Error	24	48.9444	2.0394				
Total	35	892.0000	<b>CV = 7.93%</b>				

Del cuadro 25 del ANVA para altura de planta se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 7.93% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresan confiabilidad en sus resultados. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, niveles de extracción nutritiva y dosis de fitoreguladores, más no existe diferencia estadística en la interacción niveles de extracción nutritiva por dosis de fitoreguladores.

**Cuadro 26: Prueba Tukey de tratamientos para Altura de planta (cm)**

ALS (5%)= 3.43

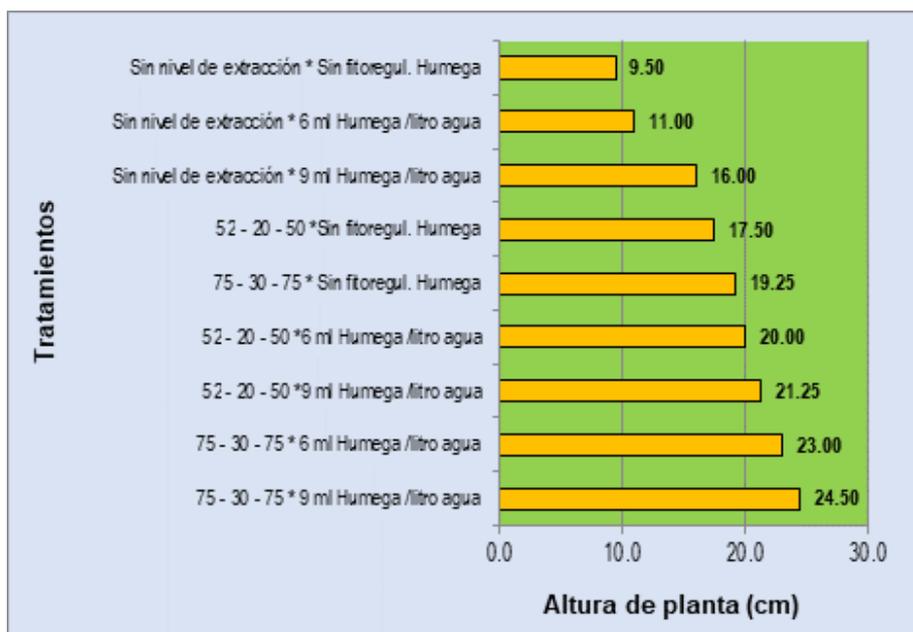
ALS (1%)= 4.15

Orden de Mérito	Tratamientos	Altura de planta (cm)	Significación	
			5%	1%
I	75 - 30 - 75 * 9 ml Humega /litro agua	24.50	a	a
II	75 - 30 - 75 * 6 ml Humega /litro agua	23.00	a b	a b
III	52 - 20 - 50 *9 ml Humega /litro agua	21.25	a b c	a b c
IV	52 - 20 - 50 *6 ml Humega /litro agua	20.00	b c d	b c d
V	75 - 30 - 75 * Sin fitoregul. Humega	19.25	c d e	b c d
VI	52- 20 - 50 *Sin fitoregul. Humega	17.50	d e	c d
VII	Sin nivel de extracción * 9 ml Humega /litro agua	16.00	e	d
VIII	Sin nivel de extracción * 6 ml Humega /litro agua	11.00	f	e
IX	Sin nivel de extracción * Sin fitoregul. Humega	9.50	f	e

Del cuadro 26 de Prueba de Tukey de tratamientos para altura de planta se desprende que, al 1% de significancia el tratamiento 75-30-75\* 9 ml Humega/litro de agua con 24.50 cm, fue superior, y los tratamientos Sin nivel de extracción\* 6 ml Humega, y Sin nivel de extracción\* Sin fitoregulador Humega con 11.00 y 9.50 cm respectivamente ocuparon los últimos lugares; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe al nivel de extracción determinada

(Vitorino, B. 1992) más no a las dosis del fitoregulador Humega en altura de planta. Por otra parte, Choque, W. (2017), en su trabajo de investigación “Comparativo de cinco dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K’ayra-Cusco”, alcanzó 24.00 cm en altura de planta de lechuga variedad White Boston con dosis de 7 ml A más 4 ml B /Lt de agua. Por otra parte, Mollehuanca, E. (2019), en el trabajo de investigación “Comparativo de dosis de soluciones nutritivas inorgánicas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L. Var. White Boston) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K’ayra – Cusco”, la altura de planta se obtuvo con el tratamiento de 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/l de agua el cual es estadísticamente superior a los demás tratamientos con 25.65 cm.

Gráfico 13: Altura de planta (cm) para Tratamientos



Cuadro 27: Prueba Tukey de Nivel extracción para Altura de planta (cm)

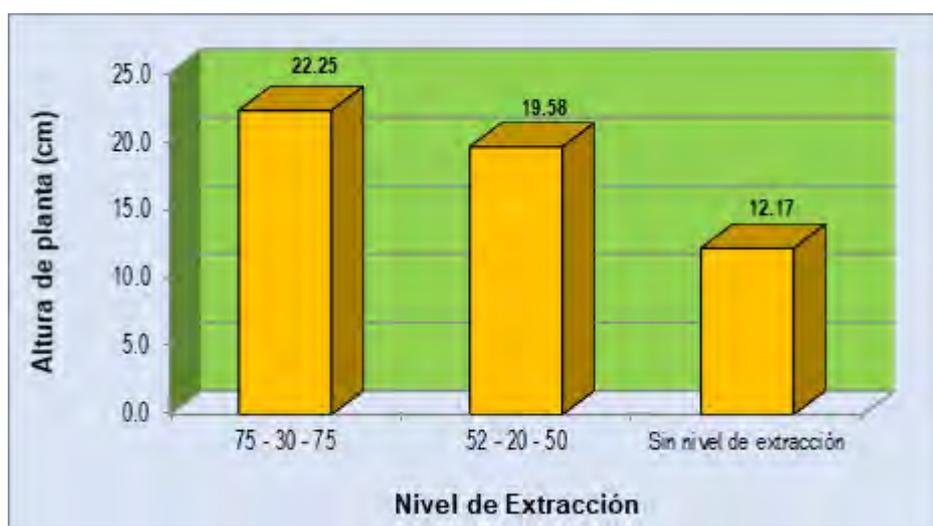
ALS (5%)= 1.46

ALS (1%)= 1.88

Orden de Mérito	Nivel de extracción	Altura de planta (cm)	Significación	
			5%	1%
I	75 - 30 - 75	22.25	a	a
II	52 - 20 - 50	19.58	b	b
III	Sin nivel de extracción	12.17	c	c

Del cuadro 27 de Prueba Tukey de nivel de extracción para altura de planta se desprende que, al 1% de significancia el nivel de extracción 75 – 30 - 75, con 22.25 cm fue superior, respecto al tratamiento Sin nivel de extracción nutritiva con solo 12.17 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992), por lo que se deduce que no hubo efecto del fitoregulator Humega debido a que el ácido húmico no tuvo influencia en la absorción de elementos nutritivos en altura de planta.

Gráfico 14: Altura de planta (cm) para Nivel de extracción



Cuadro 28: Prueba Tukey de Dosis fitoregulator para Altura de planta (cm)

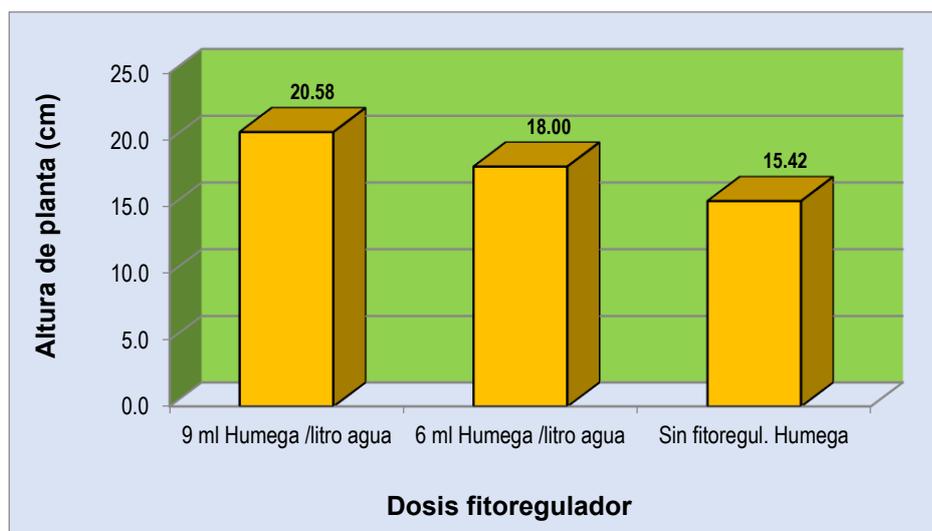
ALS (5%)= 1.46

ALS (1%)= 1.88

Orden de Mérito	Dosis fitoregulator	Altura de planta (cm)	Significación	
			5%	1%
I	9 ml Humega /litro agua	20.58	a	a
II	6 ml Humega /litro agua	18.00	b	b
III	Sin fitoregul. Humega	15.42	c	c

Del cuadro 28 Prueba Tukey de dosis de fitoregulator para altura de planta se desprende que, tanto a significancia de 5% y 1% la dosis de 9 ml Humega /litro agua con 20.58 cm, fue superior a la dosis Sin fitoregulator Humega con solo 15.42 cm. Esta superioridad se debe básicamente a las características del ácido húmico, sin que exista variación marcada en las dosis propuestas en el estudio.

**Gráfico 15: Altura de planta (cm) para Dosis fitoregulador**



Cuadro 29: Diámetro del cogollo (cm)

Nivel extrac. Dosis fit.	75 - 30 - 75			52 - 20 - 50			Sin nivel de extracción			Total
	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	
Repet.										
I	32.30	28.20	25.50	36.50	30.20	29.10	18.00	13.30	14.00	227.10
II	33.20	27.00	26.20	35.30	33.10	29.20	16.50	14.00	12.10	226.60
III	32.10	28.00	25.00	37.30	32.10	28.10	17.60	14.10	14.10	228.40
IV	33.00	29.20	26.20	35.00	30.50	30.30	19.00	13.50	13.90	230.60
Suma	130.60	112.40	102.90	144.10	125.90	116.70	71.10	54.90	54.10	912.70
Promedio	32.65	28.10	25.73	36.03	31.48	29.18	17.78	13.73	13.53	25.35
Nivel extracción nutritiva	75 - 30 - 75 Suma = 345.90 Promedio = 28.83			52 - 20 - 50 Suma = 386.70 Promedio = 32.23			Sin nivel de extracción Suma = 180.10 Promedio = 15.01			912.70 25.35
Dosis fitoregulador Humega	9 ml Humega /litro agua Suma = 345.80 Promedio = 28.82			6 ml Humega /litro agua Suma = 293.20 Promedio = 24.43			Sin fitoregul. Humega Suma = 273.70 Promedio = 22.81			912.70 25.35

**Cuadro 30: ANVA para Diámetro del cogollo (cm)**

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	1.0631	0.3544	0.4031	0.07100	0.02400	NS. NS.
Tratamientos	8	2237.7872	279.7234	318.1772	2.36000	3.36000	**
Nivel extrac. (N)	2	1995.4956	997.7478	1134.9089	3.40000	5.61000	**
Dosis fitoreg (D)	2	231.8172	115.9086	131.8426	3.40000	5.61000	**
Interacción N * D	4	10.4744	2.6186	2.9786	2.78000	4.22000	* NS.
Error	24	21.0994	0.8791				
Total	35	2259.9497	<b>CV = 3.70%</b>				

Del cuadro 30 del ANVA para diámetro del cogollo se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 3.70% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresan confiabilidad en sus resultados. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, niveles de extracción nutritiva y dosis de fitoreguladores, existe diferencia estadística en la interacción niveles de extracción nutritiva por dosis de fitoreguladores.

**Cuadro 31: Prueba Tukey de tratamientos para Diámetro del cogollo (cm)**

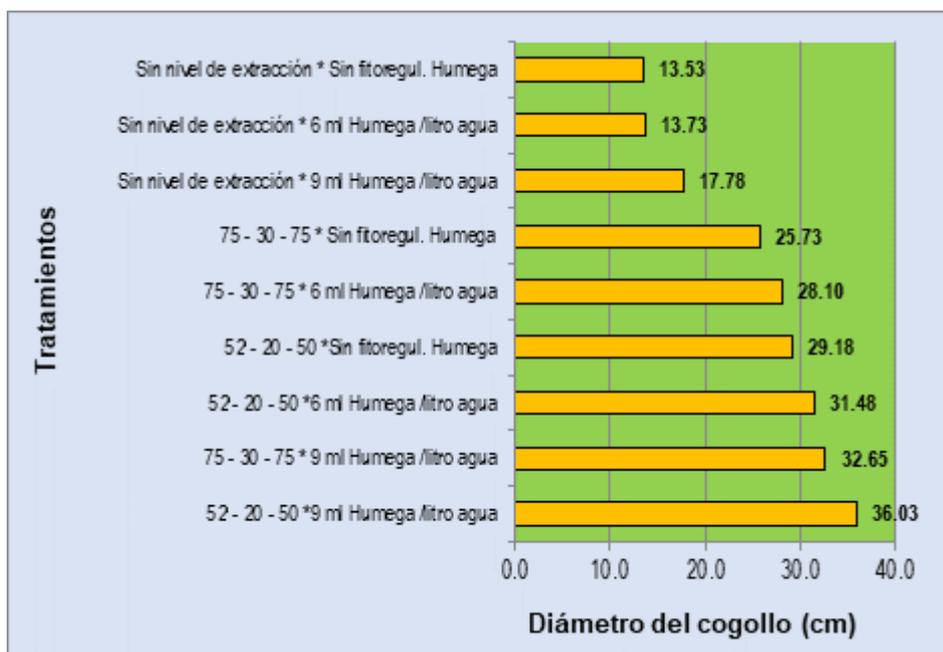
ALS (5%)= 2.25      ALS (1%)= 2.72

Orden de Mérito	Tratamientos	Diámetro del cogollo (cm)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50 *9 ml Humega /litro agua	36.03	a	a
II	75 - 30 - 75 * 9 ml Humega /litro agua	32.65	b	b
III	52 - 20 - 50 *6 ml Humega /litro agua	31.48	b	b c
IV	52 - 20 - 50 *Sin fitoregul. Humega	29.18	c	c d
V	75 - 30 - 75 * 6 ml Humega /litro agua	28.10	c	d e
VI	75 - 30 - 75 * Sin fitoregul. Humega	25.73	d	e
VII	Sin nivel de extracción * 9 ml Humega /litro agua	17.78	e	f
VIII	Sin nivel de extracción * 6 ml Humega /litro agua	13.73	f	g
IX	Sin nivel de extracción * Sin fitoregul. Humega	13.53	f	g

Del cuadro 31 de Prueba de Tukey de tratamientos para diámetro de cogollo se desprende que, al 1% de significancia el tratamiento 52-20-50\* 9 ml Humega/litro de agua con 36.03 cm, fue superior, y los tratamientos Sin nivel de extracción\* 6 ml Humega, y Sin nivel de extracción\* Sin fitoregulador Humega con 13.73 y 13.53 cm respectivamente ocuparon los últimos lugares; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe al nivel de extracción determinada

(Vitorino, B. 1992) más no a las dosis del fitoregulador Humega en diámetro de cogollo. Además, Choque, W. (2017), en su trabajo de investigación “Comparativo de cinco dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K’ayra-Cusco”, alcanzó 29.73 cm en diámetro del cogollo de lechuga variedad White Boston con dosis de 7 ml A más 4 ml B /Lt de agua. Por otra parte, Mollehuanca, E. (2019), en el trabajo de investigación “Comparativo de dosis de soluciones nutritivas inorgánicas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L. Var. White Boston) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K’ayra – Cusco”, en cuanto a diámetro de cogollo fue el tratamiento de 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/l de agua con 25.93 cm es superior a los demás tratamientos.

Gráfico 16: Diámetro del cogollo (cm) para Tratamientos



Cuadro 32: Prueba Tukey de Nivel extracción para Diámetro del cogollo (cm)

ALS (5%)= 0.96

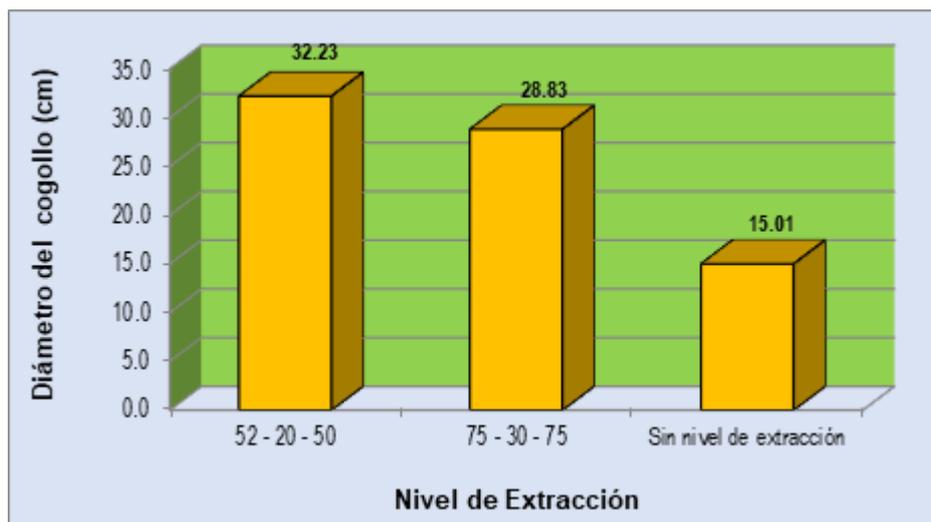
ALS (1%)= 1.23

Orden de Mérito	Nivel de extracción	Diámetro del cogollo (cm)	Significación	
			5%	1%
I	52- 20 - 50	32.23	a	a
II	75 - 30 - 75	28.83	b	b
III	Sin nivel de extracción	15.01	c	c

Del cuadro 32 de Prueba Tukey de nivel de extracción para diámetro del cogollo se desprende que, al 1% de significancia el nivel de extracción 52 – 20 - 50, con 32.23

cm fue superior, respecto al tratamiento Sin nivel de extracción nutritiva con solo 15.01 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (**Vitorino, B. 1992**), por lo que se deduce que no hubo efecto del fitoregulator Humega debido a que el ácido húmico no tuvo influencia en la absorción de elementos nutritivos en diámetro del cogollo.

**Gráfico 17: Diámetro del cogollo (cm) para Nivel de extracción**



**Cuadro 33: Prueba Tukey de Dosis fitoregulator para Diámetro del cogollo (cm)**

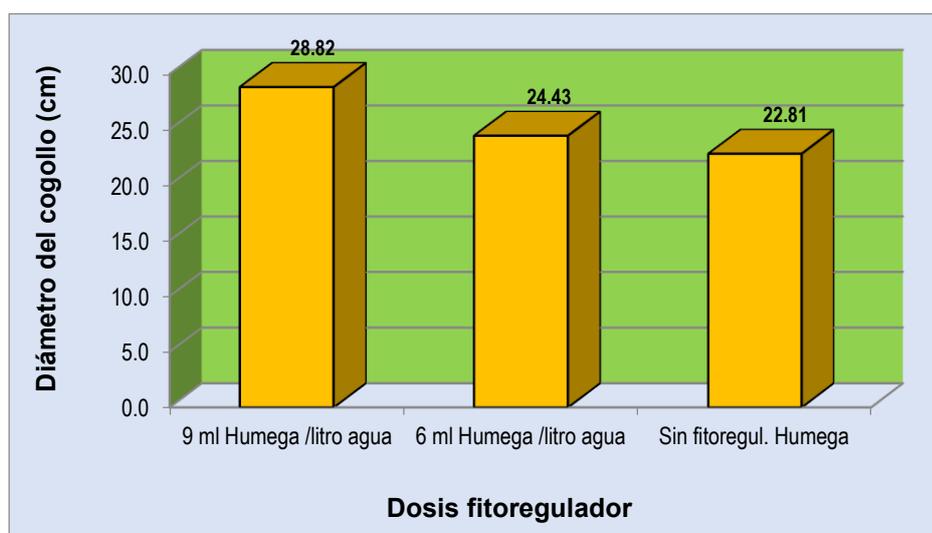
ALS (5%)= 0.96

ALS (1%)= 1.23

Orden de Mérito	Dosis fitoregulator	Diámetro del cogollo (cm)	Significación	
			5%	1%
I	9 ml Humega /litro agua	28.82	a	a
II	6 ml Humega /litro agua	24.43	b	b
III	Sin fitoregul. Humega	22.81	c	c

Del cuadro 33 Prueba Tukey de dosis de fitoregulator para diámetro del cogollo se desprende que, tanto a significancia de 5% y 1% la dosis de 9 ml Humega /litro agua con 28.82 cm, fue superior a la dosis Sin fitoregulator Humega con solo 22.81 cm. Esta superioridad se debe básicamente a las características del ácido húmico, sin que exista variación marcada en las dosis propuestas en el estudio.

**Gráfico 18: Diámetro del cogollo (cm) para Dosis fitoregulador**



**Cuadro 34: Ordenamiento interacción Nivel extracción \* Dosis fitoregulador para Diámetro del cogollo (cm)**

Dosis fitoregulador \ Nivel de extracción		75 - 30 - 75	52 - 20 - 50	Sin nivel de extracción	Total
		9 ml Humega /litro agua	Suma 130.60	144.10	71.10
	Prom.	32.65	36.03	17.78	
6 ml Humega /litro agua	Suma	112.40	125.90	54.90	293.20
	Prom.	28.10	31.48	13.73	
Sin fitoregul. Humega	Suma	102.90	116.70	54.10	273.70
	Prom.	25.73	29.18	13.53	
		345.90	386.70	180.10	912.70

**Cuadro 35: ANVA auxiliar para interacción Nivel extracción \* Dosis fitoregulador para Diámetro del cogollo (cm)**

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft.		Grado de Signif.
					5%	1%	
9 ml Humega/ * Nivel estrac.	02	754.292	377.146	428.99	3.4000	5.6100	**
6 ml Humega/ * Nivel estrac.	02	710.792	355.396	404.25	3.4000	5.6100	**
Sin fitoreg. * Nivel estrac.	02	540.887	270.443	307.62	3.4000	5.6100	**
Error	24	21.099	0.879				

Del cuadro 35 ANVA auxiliar para interacción nivel de extracción \* dosis de fitoregulador en diámetro del cogollo se desprende que, existe diferencia altamente significativa en las dosis de fitoregulador Humega por efecto del nivel de extracción de nutrientes.

**Cuadro 36: Prueba Tukey 9 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción para Diámetro del cogollo (cm)**

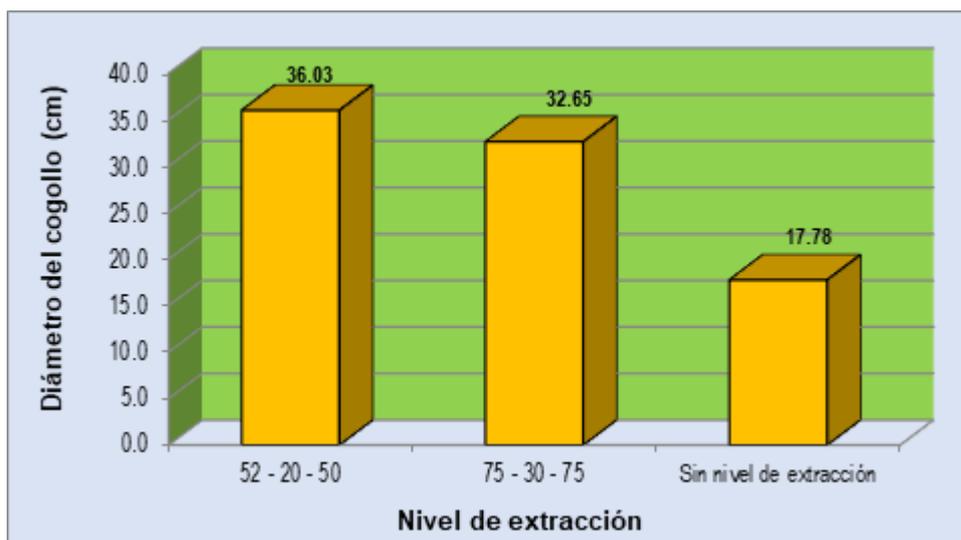
ALS (5%)= 1.65

ALS (1%)= 2.13

Orden de Mérito	9 ml Humega /litro agua	Diámetro del cogollo (cm)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50	36.03	a	a
II	75 - 30 - 75	32.65	b	b
III	Sin nivel de extracción	17.78	c	c

Del cuadro 36 de Prueba Tukey para nivel de extracción en 9 ml Humega /litro agua en diámetro del cogollo se desprende que, al 1% de significancia el nivel 52-20-50 con 36.03 cm es superior a los demás niveles, siendo el tratamiento Sin nivel de extracción con sólo 17.78 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992), dentro de ella el diámetro del cogollo.

Gráfico 19: Diámetro del cogollo (cm) para 9 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción



Cuadro 37: Prueba Tukey 6 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción para Diámetro del cogollo (cm)

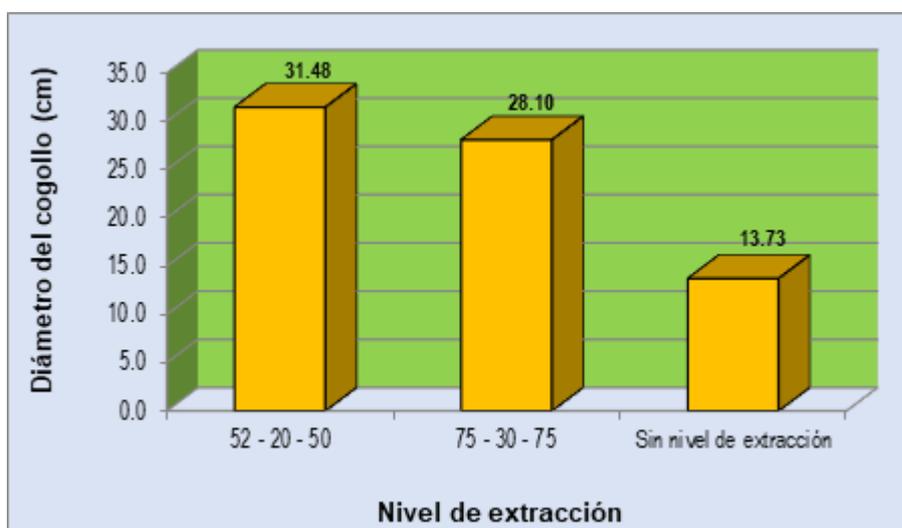
ALS (5%)= 1.65

ALS (1%)= 2.13

Orden de Mérito	6 ml Humega /litro agua	Diámetro del cogollo (cm)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50	31.48	a	a
II	75 - 30 - 75	28.10	b	b
III	Sin nivel de extracción	13.73	c	c

Del cuadro 37 de Prueba Tukey para nivel de extracción en 6 ml Humega /litro agua en diámetro del cogollo se desprende que, al 1% de significancia el nivel 52-20-50 con 31.48 cm es superior a los demás niveles, siendo el tratamiento Sin nivel con sólo 13.73 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992); donde, ambas dosis de fitoregulador Humega se comportaron indistintamente.

Gráfico 20: Diámetro del cogollo (cm) para 6 ml Humega /litro agua en Nivel de extracción



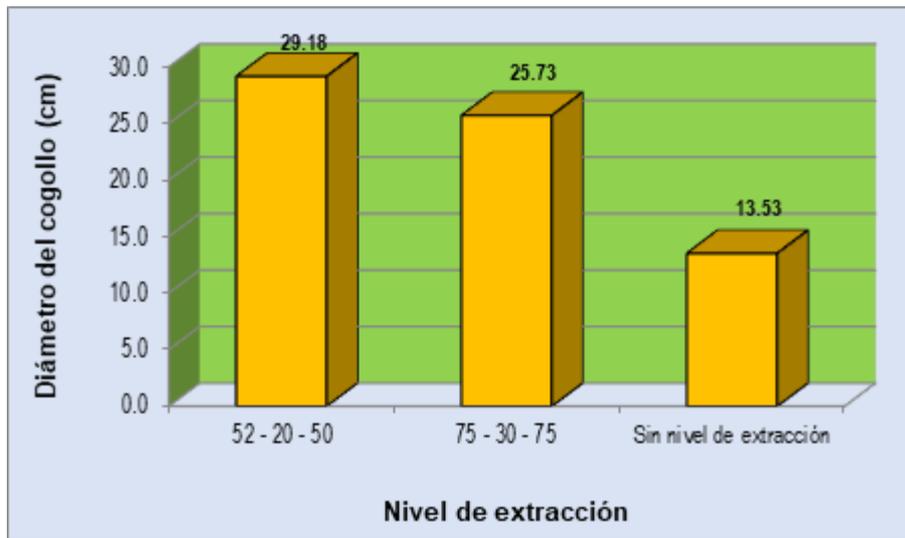
Cuadro 38: Prueba Tukey Sin fitoregulador Humega en Nivel de extracción para Diámetro del cogollo (cm)

Orden de Mérito	Sin Fitoregulador Humega	Diámetro del cogollo (cm)	Significación	
			5%	1%
I	52 - 20 - 50	29.18	a	a
II	75 - 30 - 75	25.73	b	b
III	Sin nivel de extracción	13.53	c	c

ALS (5%)= 1.65      ALS (1%)= 2.13

Del cuadro 38 de Prueba Tukey para nivel de extracción en el tratamiento Sin fitoregulador Humega de diámetro del cogollo se desprende que, al 1% de significancia, el nivel 52-20-50 con 29.18 cm, es superior a los demás tratamientos, ocupando el último lugar el tratamiento Sin nivel de extracción con sólo 13.53 cm. Esta superioridad se debe solamente a la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles como nivel de extracción para el crecimiento de diámetro del cogollo de la lechuga.

Gráfico 21: Diámetro del cogollo (cm) para Sin fitoregulador Humega en Nivel de extracción



Cuadro 39: Longitud de raíz (cm)

Nivel extrac.	75 - 30 - 75			52 - 20 - 50			Sin nivel de extracción			Total	
	Dosis fit.	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua	Sin fitoregul. Humega	9 ml Humega /litro agua	6 ml Humega /litro agua		Sin fitoregul. Humega
Repet.											
I		29.20	27.00	25.20	25.30	24.20	20.30	18.10	16.20	14.30	199.80
II		30.00	29.00	24.00	24.00	24.00	20.20	19.00	18.00	15.10	203.30
III		31.00	28.20	24.40	25.40	25.10	20.10	19.00	15.80	14.00	203.00
IV		28.60	29.10	25.10	26.10	23.60	19.00	18.50	15.50	14.40	199.90
Suma		118.80	113.30	98.70	100.80	96.90	79.60	74.60	65.50	57.80	806.00
Promedio		29.70	28.33	24.68	25.20	24.23	19.90	18.65	16.38	14.45	22.39
Nivel extracción nutritiva		75 - 30 - 75 Suma = 330.80 Promedio = 27.57			52 - 20 - 50 Suma = 277.30 Promedio = 23.11			Sin nivel de extracción Suma = 197.90 Promedio = 16.49			806.00 22.39
Dosis fitoregulador Humega		9 ml Humega /litro agua Suma = 294.20 Promedio = 24.52			6 ml Humega /litro agua Suma = 275.70 Promedio = 22.98			Sin fitoregul. Humega Suma = 236.10 Promedio = 19.68			806.00 22.39

**Cuadro 40: ANVA para Longitud de raíz (cm)**

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	1.2156	0.4052	0.6300	0.07100	0.02400	NS. NS.
Tratamientos	8	898.2256	112.2782	174.5885	2.36000	3.36000	**
Nivel extrac. (N)	2	745.2506	372.6253	579.4188	3.40000	5.61000	**
Dosis fitoreg. (D)	2	146.8339	73.4169	114.1607	3.40000	5.61000	**
Interacción N * D	4	6.1411	1.5353	2.3873	2.78000	4.22000	NS. NS.
Error	24	15.4344	0.6431				
Total	35	914.8756	<b>CV = 3.58%</b>				

Del cuadro 40 del ANVA para longitud de raíz, se desprende que no existe diferencia estadística entre los bloques, lo que indica que la distribución de las repeticiones es homogénea. El coeficiente de variabilidad de 3.58% indica que los datos analizados para el procesamiento de esta variable expresan confiabilidad en sus resultados. Muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, niveles de extracción nutritiva y dosis de fitoreguladores, más no existe diferencia estadística en la interacción niveles de extracción nutritiva por dosis de fitoreguladores.

**Cuadro 41: Prueba Tukey de tratamientos para Longitud de raíz (cm)**

ALS (5%)= 1.93

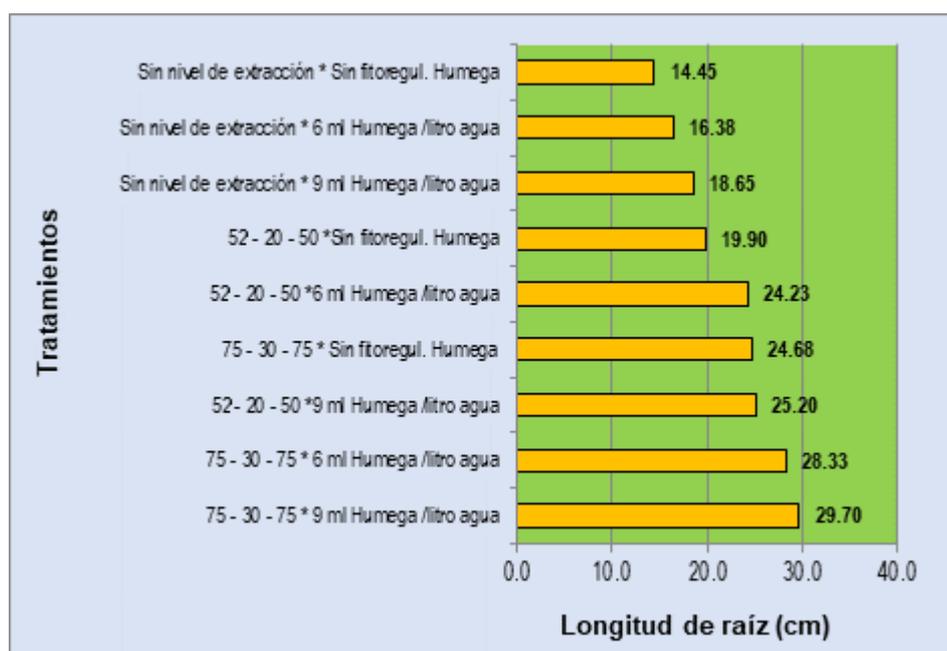
ALS (1%)= 2.33

Orden de Mérito	Tratamientos	Longitud de raíz (cm)	Significación	
			5%	1%
I	75 - 30 - 75 * 9 ml Humega /litro agua	29.70	a	a
II	75 - 30 - 75 * 6 ml Humega /litro agua	28.33	a	a
III	52 - 20 - 50 *9 ml Humega /litro agua	25.20	b	b
IV	75 - 30 - 75 * Sin fitoregul. Humega	24.68	b	b
V	52 - 20 - 50 *6 ml Humega /litro agua	24.23	b	b
VI	52- 20 - 50 *Sin fitoregul. Humega	19.90	c	c
VII	Sin nivel de extracción * 9 ml Humega /litro agua	18.65	c	c d
VIII	Sin nivel de extracción * 6 ml Humega /litro agua	16.38	d	d e
IX	Sin nivel de extracción * Sin fitoregul. Humega	14.45	d	e

Del cuadro 41 de Prueba de Tukey de tratamientos para longitud de raíz se desprende que, al 1% de significancia los tratamientos 75-30-75\* 9 ml Humega/litro de agua y 75-30-75\* 6 ml Humega/litro de agua con 29.70 y 28.2 cm respectivamente, fueron superiores, y los tratamientos Sin nivel de extracción\* 6 ml Humega, y Sin nivel de extracción\* Sin fitoregulador Humega con 16.38 y 14.45 cm respectivamente ocuparon los últimos lugares; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe al nivel de extracción determinada

(Vitorino, B. 1992) más no a las dosis del fitoregulador Humega en longitud de raíz. Además, Choque, W. (2017), en su trabajo de investigación “Comparativo de cinco dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K’ayra-Cusco”, sólo alcanzó 18.97 cm en longitud de raíz de lechuga variedad White Boston con dosis de 7 ml A más 4 ml B /Lt de agua.

Gráfico 22: Longitud de raíz (cm) para Tratamientos



Cuadro 42: Prueba Tukey de Nivel extracción para Longitud de raíz (cm)

ALS (5%)= 0.82

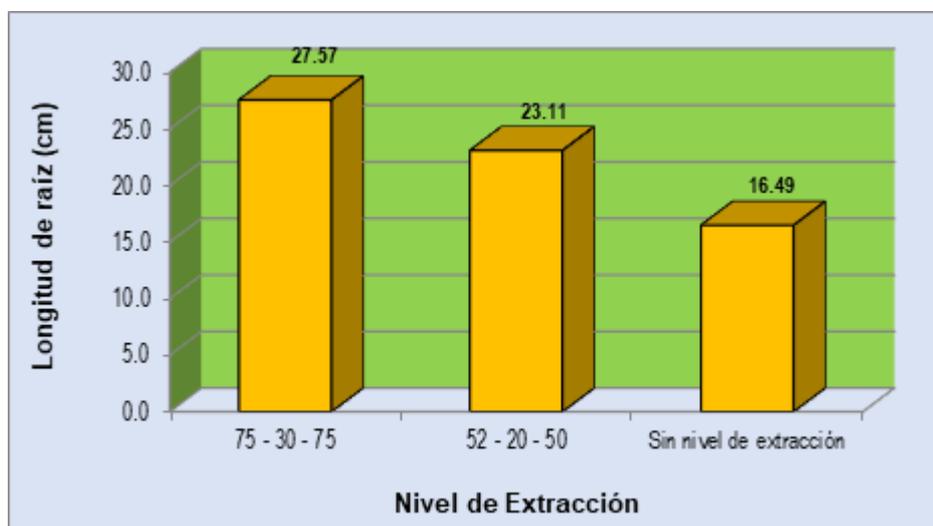
ALS (1%)= 1.05

Orden de Mérito	Nivel de extracción	Longitud de raíz (cm)	Significación	
			5%	1%
I	75 - 30 - 75	27.57	a	a
II	52 - 20 - 50	23.11	b	b
III	Sin nivel de extracción	16.49	c	c

Del cuadro 42 de Prueba Tukey de nivel de extracción para longitud de raíz se desprende que, al 1% de significancia el nivel de extracción 75 – 30 - 75, con 27.57 cm fue superior, respecto al tratamiento Sin nivel de extracción nutritiva con solo 16.49 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos como N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O determinadas para producir 25,000 Kg de hojas de lechuga por hectárea (Vitorino, B. 1992), por lo que se deduce que no hubo

efecto del fitoregulador Humega debido a que el ácido húmico no tuvo influencia en la absorción de elementos nutritivos en desarrollo radicular.

**Gráfico 23: Longitud de raíz (cm) para Nivel de extracción**



**Cuadro 43: Prueba Tukey de Dosis fitoregulador para Longitud de raíz (cm)**

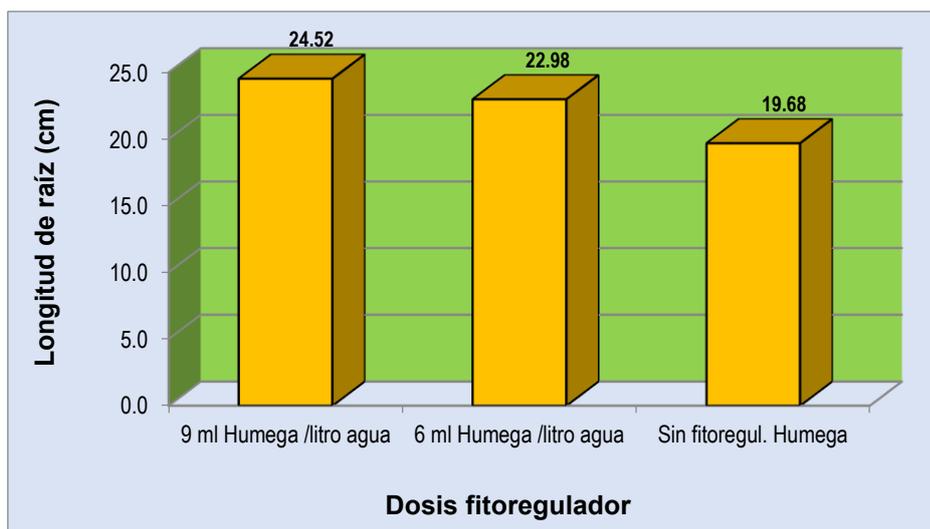
ALS (5%)= 0.82

ALS (1%)= 1.05

Orden de Mérito	Dosis fitoregulador	Longitud de raíz (cm)	Significación	
			5%	1%
I	9 ml Humega /litro agua	24.52	a	a
II	6 ml Humega /litro agua	22.98	b	b
III	Sin fitoregul. Humega	19.68	c	c

Del cuadro 43 Prueba Tukey de dosis de fitoregulador para longitud de raíz se desprende que, tanto a significancia de 5% y 1% la dosis de 9 ml Humega /litro agua con 24.52 cm, fue superior a la dosis Sin fitoregulador Humega con solo 19.68 cm. Esta superioridad se debe básicamente a las características del ácido húmico, sin que exista variación marcada en las dosis propuestas en el estudio.

**Gráfico 24: Longitud de raíz (cm) para Dosis fitoregulador**



## VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

### 7.1. Conclusiones

En peso fresco del cogollo el tratamiento 52-20-50\* 9 ml Humega/litro de agua, con 261.25 g/planta, ocupó el primer lugar, y el tratamiento Sin nivel de extracción\* Sin fitoregulador Humega, con 61.75 g/planta ocupó el último lugar; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios. Esta superioridad se debe a la alta dosis del fitoregulador Humega como estimulante natural de la hormona de crecimiento de la parte foliar de lechuga. En peso fresco de raíz con 39.50 g/planta, y diámetro de cogollo con 36.06 cm.

En altura de planta el tratamiento 75-30-75\* 9 ml Humega/litro de agua con 24.50 cm, fue superior, y los tratamientos Sin nivel de extracción\* 6 ml Humega, y Sin nivel de extracción\* Sin fitoregulador Humega con 11.00 y 9.50 cm respectivamente ocuparon los últimos lugares; y los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios; así mismo, en longitud de raíz con 29.70 cm. Esta superioridad se debe al nivel de extracción determinada (**Vitorino, B. 1992**) más no a las dosis del fitoregulador Humega en altura de planta.

Tratamientos Sin nivel de extracción nutritiva no influyeron en el peso fresco del cogollo, peso fresco de raíz, altura de planta, diámetro del cogollo y longitud de raíz; así mismo las dosis de 9 y 6 ml de fitoregulador Humega / litro de agua, tampoco fue significativo su efecto en las variables de estudio.

## **7.2. Sugerencias**

- Realizar experimentos con niveles de extracción de nutrientes y dosis de fitoregulador Humega en sustrato con suelo agrícola.
- Comparar efecto de más fitoreguladores y variedades de lechuga en condiciones de campo abierto.
- Experimentar la aplicación de fitoreguladores con incorporación al suelo en cultivos a campo abierto y en agua en cultivos hidropónicos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. **ALBRIGHT, L. (2004).** Lettuce Handbook. Controlled Environment Agriculture.  
[http://www.cornellcea.com/lettuce\\_Handbook/introduction.htm](http://www.cornellcea.com/lettuce_Handbook/introduction.htm).
2. **ALVARADO, D. et. Al. (2001).** Seminario de agronegocios: Lechugas hidropónicas. Universidad del Pacífico.
3. **CASTAÑEDA, F. (1997).** Manual de cultivos hidropónicos populares: producción de verduras sin usar tierra. Guatemala. INCAP. 36 p.
4. **CHOQUE JAQUEHUA, WILBERT ENRIQUE. (2017).** Comparativo de cinco dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K'ayra-Cusco. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UNSAAC – Cusco – Perú. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1748>
5. **GIACONI y ESCAFF. (1995).** Cultivo de hortalizas. 11ª. Ed. Santiago, Universitaria. 337 p.
6. **IZQUIERDO, J. (2003).** Manual técnico de hidroponía popular. Santiago, Chile: FAO.
7. **LATORRE, B. (1986).** Enfermedades de las plantas cultivadas. 2a ed. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 628 p.
8. **LOPEZ, M. (1994).** Olericultura, P. 273
9. **MARULANDA, CH. (1992).** La hidroponía popular. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina (Chile) (72): 3 – 11.
10. **MOLLEHUANCA UÑAPILLCO, EDITH TANIA. (2019).** Comparativo de dosis de soluciones nutritivas inorgánicas en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa L.* Var. White Boston) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K'ayra – Cusco. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSAAC – Cusco – Perú.  
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3687>
11. **MORGAN, (1999).** Lechuga, éxito germinación y desarrollo de la planta. Ln: Red hidroponía, La Molina.
12. **MOROTO, N. (1986).** Horticultura herbácea especial. 2ª.ed. Madrid, Mundi Prensa. 590 p.
13. **PENNINGSFELD y KURZMANN. (1983).** Cultivos hidropónicos y en turba. 2ª ed. Madrid, España. Mundi – Prensa. 343 p.

14. **SANCHEZ, C. (2004).** Cultivo y comercialización de lechuga.
15. **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. (1998).** ¿Qué es hidroponía?
16. **VARGAS AGUILAR, FELIPE SANTIAGO. (1994).** Tesis “Evaluación de cuatro sustratos en el cultivo asociado de acelga en fitotoldos”.
17. **VILLAGARCIA, SVEN Y AGUIRRE O. (1994).** Manual de uso de fertilizantes. UNALM - Lima – Perú.
18. **VITORINO FLOREZ, BRAULIO. (1992).** Prácticas de Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Texto Universitario. FAZ-UNSAAC. – K’ayra-Cusco-Perú. Pag.10-11.
19. **ZAVALETA GARCIA, AMARO. (1992).** Edafología, el suelo con relación a la producción. CONYTEC. 1°Edic. Lima – Perú.
20. **ZIRENA D. JOSE. (2002).** Elementos plásticos y oligoelementos. Universidad Técnica de Cajamarca. Cajamarca - Perú.

**Pag. Web:**

21. <https://www.google.com/search?q=fitorregulador+humega&tbm>
22. <https://www.deccoiberica.es/la-importancia-de-los-fitorreguladores-del-crecimiento/>.

## **ANEXOS**

**Fotografía 13: Instalación de electrobomba y temporizador.**



**Fotografía 14: Riego de almácigo con regadera manual.**



**Fotografía 15: Plántulas de lechuga en plena emergencia.**



**Fotografía 16: Riego de plántulas de lechuga antes del trasplante.**



**Fotografía 17: Lechuga en plena formación de cogollo.**



**Fotografía 18: Sacando dosis de fitoregulador Humega**

**D<sub>1</sub>: 9 ml Humega /1L agua.**



**Fotografía 19: Temporizador instalado en el ambiente de cultivo hidropónico de lechuga.**



**Fotografía 20: Tesista tomando lectura de tiempo a través del temporizador eléctrico.**



**Fotografía 21: Electrobomba conectado a los tubos hidropónicos.**



**Fotografía 22: Lechuga antes de la cosecha.**



**Fotografía 23: Cultivo hidropónico de lechuga en los bloques.**



**Fotografía 24: Cultivo hidropónico de lechuga mostrando los tratamientos.**

