

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**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 presentada por la Bachiller en Ciencias Agrarias **EDITH TANIA MOLLEHUANCA UÑAPILLCO**, para optar al Título Profesional de **INGENIERA AGRÓNOMA**.

Asesora:

Mgt. Doris Flor Pacheco Farfán

Patrocinador:

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
SUELOS Y ABONOS – CISA**

K'AYRA – CUSCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios, por ser el principio y final de todo, fortalecida con todo poder según la potencia de su gloria, para obtener toda perseverancia y paciencia en este camino hacia mi graduación.

Con inmenso amor y gratitud a mis queridos padres: Estanislao Mollehuanca Huaman y Victoria Uñapillco Roca; por ser ejes motivadores en mi vida estudiantil y profesional y por darme la oportunidad de vivir esta vida, la cual la llenan de alegría, felicidad y amor mi existencia.

A mis hermanas Katia, Flor de María Natividad Mollehuanca Uñapillco y mi tío Modesto Mollehuanca Huaman, quienes con su cariño, aliento, solidaridad incondicional y apoyo estuvieron siempre presentes en todo momento de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, la tricentenaria Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, donde pasaron generaciones de intelectuales y maestros de gran trayectoria.

Mi agradecimiento sincero y eterno a todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía – Facultad de Ciencias Agrarias, quienes con sus enseñanzas y experiencias contribuyeron durante mi formación académica.

A la Mgt. Ing. Doris Flor Pacheco Farfán asesora de tesis a quien agradezco de manera y afecto especial por brindarme sus conocimientos y experiencias en la realización de este trabajo de investigación.

Al Mgt. Arcadio Calderón Choquechambi, Director del CISA por la orientación, sugerencias y seguimiento del trabajo experimental.

Al Centro de Investigación en Suelos y Abonos CISA, por su apoyo en materiales de campo, gabinete y laboratorio, que contribuyeron en la conducción del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	vii
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Formulación del problema	1
1.2.1. Problema general.....	1
1.2.2. Problemas específicos	2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
2.3. Justificación.....	3
III. HIPÓTESIS	5
3.1. Hipótesis general	5
3.2. Hipótesis específicos	5
IV. MARCO TEÓRICO	6
4.1. Cultivo de la lechuga	6
4.1.1. Origen y distribución de la lechuga	6
4.1.2. Posición sistemática	7
4.1.3. Descripción botánica.....	7
4.1.4. Variedades de lechuga	9
4.1.5. Condiciones de suelo y clima.....	14
4.1.6. Suelo orgánico y compost	17
4.1.7. Técnicas de cultivo de la lechuga.....	18
4.1.8. Características del cultivo	26
4.1.9. Comercialización de la lechuga en Cusco.....	30
4.2. Nutrición general de las plantas	32
4.2.1. Reacción del pH de la solución.....	32
4.2.2. Efecto de las sales solubles	33
4.2.3. Prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas	33
4.2.4. Composición de las soluciones nutritivas.....	33

4.2.5. Clasificación de los elementos minerales	34
4.2.6. Funciones de los elementos nutritivos.....	35
4.2.6.1. Macronutrientes	36
4.2.6.2. Micronutrientes	44
4.3. Solución hidropónica La Molina	48
4.4. Antecedentes en empleo de micronutrientes en lechuga	49
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	52
3.3. Tipo de investigación.....	52
3.4. Ámbito de investigación	52
3.4.1. Ubicación espacial	52
3.4.2. Ubicación política	52
3.4.3. Ubicación geográfica.....	52
3.4.4. Ubicación hidrográfica	52
3.4.5. Ubicación temporal	52
3.4.6. Ubicación ecológica	52
3.5. Materiales y métodos.....	53
3.5.1. Materiales	53
3.5.2. Métodos	54
3.5.2.1. Diseño experimental	54
3.5.2.2. Características del campo experimental	56
3.5.2.3. Croquis de distribución de parcelas experimentales	57
3.5.2.4. Conducción de la investigación	57
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	78
7.1. Conclusiones	78
7.2. Sugerencias	80
VIII. BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	86

Resumen

El trabajo de investigación titulado “**COMPARATIVO DE DOSIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS INORGANICAS EN EL RENDIMIENTO DE LECHUGA (*Lactuca sativa L. Var. White Boston*) MEDIANTE LA TÉCNICA DE CULTIVO ACOLCHADO PLÁSTICO - K'AYRA – CUSCO**”. Se realizó en los terrenos de la Unidad de Lombricultura del Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

Llevado a cabo durante los meses de abril hasta agosto del 2017. Los objetivos específicos fueron:

Determinar el rendimiento (peso fresco del cogollo, peso fresco de raíz) del cultivo de lechuga por efecto de soluciones nutritivas de macro y micronutrientes mediante la técnica de cultivo acolchado plástico.

Determinar el comportamiento agronómico (diámetro del cogollo, altura de planta, longitud de raíz) de la lechuga al efecto de soluciones nutritivas de macro y micronutrientes mediante la técnica de cultivo acolchado.

Para la realización se empleó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 8 tratamientos y 4 repeticiones haciendo un total de 32 unidades experimentales.

Las variables evaluadas fueron: Rendimiento (Peso fresco del cogollo, peso fresco de la raíz), comportamiento agronómico (diámetro de cogollo, altura de planta, longitud de la raíz).

Las conclusiones a las que se llegaron fueron:

- ✓ El mejor rendimiento con respecto a peso fresco de cogollo 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 957.50 g/planta de peso, siendo el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/l de agua con solo 603.75 g/planta que ocupó el último lugar.
- ✓ El mejor rendimiento en cuanto a peso fresco de raíz 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 5.83 g/planta de peso, siendo el tratamiento

0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/1 de agua con solo 2.02 g/planta que ocupó el último lugar.

- ✓ El mejor rendimiento en cuanto a diámetro de cogollo fue el tratamiento de 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/1 de agua con 25.93 cm es superior a los demás tratamientos, ocupando el último lugar el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/1 de agua con solo 17.95 cm.
- ✓ El mejor rendimiento con respecto a altura de planta se obtuvo con el tratamiento de 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/1 de agua el cual es estadísticamente superior a los demás tratamientos con 25.65 cm, siendo el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/1 de agua con solo 17.40 cm que ocupó el último lugar.
- ✓ El mejor rendimiento con respecto a longitud de raíz se obtuvo con el tratamiento de 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/1 de agua el cual es estadísticamente superior a los demás tratamientos con 12.00 cm, siendo el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/1 de agua con solo 8.75 cm que ocupó el último lugar.

Introducción

El cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa L.*), está considerada como uno de los más importantes del grupo de las hortalizas de hoja; pues es consumida en nuestro país, principalmente en forma de ensalada, es ampliamente conocida y se cultiva casi en todos los países del mundo. La lechuga presenta gran diversidad de variedades, dada principalmente por diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de las plantas. Es por ello que es importante determinar la producción y rendimiento de estas variedades en diferentes épocas de siembra y sistemas de producción como el cultivo orgánico que cada día cobra mayor importancia.

En el Perú la lechuga tiene importancia sobre todo en la Costa Central debido a las buenas condiciones que se presentan para el desarrollo del cultivo, en la Sierra el cultivo de lechuga es muy poco debido al bajo consumo de esta hortaliza y a los tipos de suelos que se presentan. La lechuga es una de las hortalizas más conocidas y populares en nuestro país y su consumo es mayor, se adaptan a una gama amplísima de climas, en términos generales puede decirse que las lechugas prefieren climas templados y húmedos, hay variedades mejores o menos adaptados a distintos periodos del año. La lechuga es una de las hortalizas que se cultiva con este propósito mostrando una tendencia creciente especialmente en las cadenas de supermercados.

La tendencia de los consumidores de hortalizas de hoja como la lechuga, exigen productos de calidad, inocuos y libres de agroquímicos generando una demanda creciente de los cultivos basados en sistemas de producción orgánicos o ecológicos.

Los productos orgánicos en el Perú y en el Cusco han experimentado un importante crecimiento de la demanda tanto en el mercado externo como en el local, existiendo un número considerable de pequeños agricultores certificados que se dedican a la producción orgánica y que se asocian para comercializar sus productos en mejores condiciones.

La lechuga es un alimento indispensable en nuestra alimentación, además posee propiedades nutritivas, por lo general aporta pocas calorías y son ricas en fibra, vitaminas y minerales por su alto contenido de agua, su escasa cantidad de hidratos de carbono y menor aun de proteínas y grasas. En cuanto a su contenido en vitaminas destaca la presencia de folatos, provitamina A o Beta- caroteno y vitaminas C y E.

La vitamina A es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento de sistema inmunológico, además de tener propiedades antioxidantes. La vitamina E interviene en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad. La vitamina C favorece en la formación de colágeno, huesos, dientes y glóbulos rojos. Además, la lechuga es destacada por la presencia de potasio y hierro, aunque también contiene magnesio y calcio, pero en menor proporción. Las hojas más externas de la lechuga concentran la mayor parte de vitaminas y minerales.

Para lograr una cosecha altamente productiva y sana se consigue en lo posible a través de un manejo orgánico complementado con micro elementos, conducidas en ambientes controlados como es la técnica de acolchado.

Por todas estas consideraciones y razones es de mucha importancia de manera que la presente tesis titulada **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**, orientada a la solución de uno de los numerosos problemas que enfrentan los horticultores en general.

La autora.

I. Problema Objeto de Investigación

1.1. Identificación del problema

Siendo la lechuga (*Lactuca sativa L.*) un cultivo de mucha demanda dentro de las hortalizas de hoja fresca, se cultiva bajo diferentes sistemas de producción y técnicas de manejo con variedades de mayor demanda como la White Bostón llamada comúnmente “manti” o “mantecosa”. Además, la lechuga es una especie vegetal muy apreciada por ser un alimento con alto contenido de agua, bajo valor energético, vitaminas A, C y E; utilizándose exclusivamente en ensaladas y como decoración en gastronomías, es recomendado en dietas.

Sin embargo, al realizar una indagación exhaustiva sobre los resultados existentes a través de trabajos de investigación referidos al comparativo de abonos orgánicos disueltos conteniendo macro y micronutrientes en solución líquida, conducidas mediante la técnica de cultivo acolchado plástico, su información es muy escasa; es decir, no existe referencias del efecto de soluciones nutritivas con macro y micronutrientes, en cuanto a peso fresco del cogollo, peso fresco de raíz, diámetro del cogollo, altura de planta y longitud de raíz; razón que es de gran expectativa encontrar resultados que permitan ser una alternativa en la mejora del cultivo de la lechuga variedad White Boston y de esta manera aprovechar mejor sus cualidades nutritivas o aumentar su consumo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cuál es el efecto de las soluciones nutritivas con macro y micronutrientes con respecto a la producción de la lechuga (*Lactuca sativa L. Var. White Boston*) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico en el Centro Agronómico K'ayra de la provincia y región Cusco?

1.2.2. Problemas específicos.

1. ¿Cuánto es el rendimiento (peso fresco del cogollo, peso fresco de raíz) del cultivo de lechuga al efecto de soluciones nutritivas de macro y micronutrientes mediante la técnica de cultivo acolchado plástico?
2. ¿Cómo es el comportamiento agronómico (diámetro del cogollo, altura de planta, longitud de raíz) del cultivo de lechuga por efecto de soluciones nutritivas con macro y micronutrientes mediante la técnica de cultivo acolchado plástico?

II. Objetivos y Justificación

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de soluciones nutritivas con macro y micronutrientes en la producción de la lechuga (*Lactuca sativa L. Var. White Boston*) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico en el Centro Agronómico K'ayra de la provincia y región Cusco?

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar el rendimiento (peso fresco del cogollo, peso fresco de raíz) del cultivo de lechuga por efecto de soluciones nutritivas de macro y micronutrientes mediante la técnica de cultivo acolchado plástico.

2. Determinar el comportamiento agronómico (diámetro del cogollo, altura de planta, longitud de raíz) de la lechuga al efecto de soluciones nutritivas de macro y micronutrientes mediante la técnica de cultivo acolchado plástico.

2.3. Justificación

Conocer el rendimiento de la lechuga es de suma importancia, ya que el productor de esta hortaliza tendrá a disposición el uso de soluciones nutritivas existentes en la zona, los que permitirán lograr cosechas libres de contaminantes y de alta productividad, para un mejor destino por el gusto al paladar y dieta alimenticia de los consumidores.

La nutrición en los vegetales al ser incorporados por vía radicular a través de diversos tipos de abonos disponibles, tiene especial importancia en el desarrollo y comportamiento agronómico de la planta; puesto que la lechuga requiere de elementos esenciales como macro y micronutrientes, mayormente suministrados por vía radicular, a fin de lograr mejores resultados en peso, tamaño, calidad nutricional y presentación del producto. Sin embargo, a fin de utilizar insumos existentes en la zona, también la tenencia es buscar alternativas que permita mejorar la producción (es el proceso mediante el cual los factores de producción se combinan entre sí para fabricar los bienes y servicios que desea la población) y productividad (es la relación entre lo obtenido tras un proceso productivo y los factores de producción utilizados) del cultivo de lechuga en pequeños espacios sean en zonas urbanas o rurales propios de la zona.

En la Región del Cusco por sus factores limitantes como el clima, la técnica del cultivo de la lechuga solamente está orientada a la producción de sus hojas que en conjunto se llama cogollo, el mismo que es consumida en estado fresco; por lo que es importante conocer el rendimiento por unidad de área, cultivada en un sustrato orgánico que generalmente el agricultor dispone.

Asimismo, la diversidad de variedades de cultivo de lechuga en especial la variedad White Boston permite satisfacer la gran demanda de esta hortaliza en el mercado, puesto que esta variedad presenta característica propia ya sea acompañando potajes en cevicherías, ensaladas y otros usos.

La instalación es muy fácil, pero a su vez costosa, se puede adecuar en áreas muy extensas y áreas muy pequeñas; puede solucionar necesidades familiares, así como las demandas de un mercado local y externo. Esta forma de explotación se convierte en cultivos bajo invernaderos y Fito toldos, cubiertas con malla rashed, o también se puede realizar a campo abierto; permitiendo así posibilitar la producción de hortalizas inclusive en épocas de invierno e incluso libre de plagas y enfermedades. Además, estas parcelas con suelos orgánicos, se puede posibilitar el cultivo múltiple de hortalizas durante todo el año, aprovechando las técnicas de rotación y optimizando la demanda de agua en zonas carentes de este líquido elemento.

Por otra parte, los resultados de la investigación servirán de mucha información tecnológica muy valiosa para la agricultura orgánica que en la actualidad está en boga.

III. Hipótesis

3.1. Hipótesis general

La producción de lechuga (*Lactuca sativa L. Var. White Boston*) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico en el Centro Agronómico K'ayra de la provincia y región Cusco, está en función a efecto de las dosis de abonos orgánicos disueltos con macro y micronutrientes.

3.2. Hipótesis específicos

1. El rendimiento (peso fresco del cogollo, peso fresco de raíz) de la lechuga al efecto de soluciones nutritivas con macro y micronutrientes mediante la técnica de cultivo acolchado, es variable.
2. Existe variabilidad, en el comportamiento agronómico (diámetro del cogollo, altura de planta, longitud de raíz) de la lechuga al efecto de soluciones nutritivas con macro y micronutrientes mediante la técnica de cultivo acolchado.

IV. Marco Teórico

4.1. Cultivo de la lechuga

4.1.1. Origen y distribución de la lechuga. “La historia de la lechuga es muy antigua, hasta se ha encontrado gravada en pintura de tumbas egipcias 4500 a.C. y por sus condiciones alimenticias ya era mencionada por Hipócrates hace 500 a.C” (Volosky, 1974)

“La lechuga es originaria de Asia, probablemente procede de Asia menor” (López, 1994)

“La lechuga procede de la especie silvestre (*Lactuca scariola* L.), clasificada como maleza y difundida ampliamente en el centro y sur de Europa, así como en Rusia. Se cultiva casi en todo el mundo, en climas fríos como planta medicinal y como verdura. La lechuga tipo cabeza empezó a aparecer hacia el año 150 d.C.” (Maroto, 1986)

“Las lechugas son nativas de las regiones templadas de Europa, Asia y América del Norte. Fue domesticada por los egipcios hacia 4500 a.C. y se cultiva desde la antigüedad griega. Fue traída de América en los años 1600 por los europeos. Casi todos los botánicos consideran que la escarola es el origen de las variedades cultivadas de lechuga” (Namesny, 1993)

“La lechuga es de una antigüedad bastante considerable, existen pinturas de una forma de lechuga que datan desde los 4500 a.C., en tumbas de Egipto y ya se le conocía bien 500 a. C; probablemente se originó en el Asia Menor” (Casseres, 1996)

De acuerdo a Halsuet & Miñambres (2005). Señala que “todas las lechugas proceden de la especie silvestre *Lactuca Serriola* que crece espontáneamente en prados, pendientes rocosas y terrenos baldíos desde Asia y Norte de África hasta el norte de Europa. Los romanos ya la cultivaban, así como en el antiguo Egipto, hacia 4500 a.C. Sin embargo, se piensa que originariamente la planta fue cultivada por sus semillas oleaginosas más que por sus hojas. El amargor está asociada a la producción de látex, savia lechosa que presentan todas las variedades cultivadas”.

4.1.2. Posición sistemática. De acuerdo a Vargas (1997) Citado en Cronquist (1979) da la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae
Subreino: Embryobionta
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Asterales
Familia: Asteraceae
Género: Lactuca
Especie: *Lactuca sativa L.*
Nombre común: Lechuga

4.1.3. Descripción botánica

De acuerdo con Valencia (1999). Señala que “la lechuga es una planta herbácea, anual y bianual, que cuando se encuentra en su etapa juvenil contiene en sus tejidos un jugo lechoso de látex, cuya cantidad disminuye con la edad de la planta. Se aporta que las raíces principales de absorción se encuentran a una profundidad de 5 a 30 cm. La raíz principal llega a medir hasta 1.80 m por la cual se explica su resistencia a la sequía. Llega a tener hasta 80 cm de altura”.

4.1.3.1. La raíz

De acuerdo con Valencia (1999). Señala que “la raíz de la lechuga es pivotante, presenta un eje principal carnoso, poco ramificado con abundante látex, pudiendo llegar hasta más de 30 cm de profundidad. Tiene numerosas raíces laterales, estas se desarrollan en la capa superficial del suelo (en los primeros 30 cm)”.

“Las raíces principales de absorción se encuentran a una profundidad de 5 a 30 cm.”
(Valencia, 1999)

“La raíz que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones”. (Eroski, 2005)

“La raíz de la lechuga es pivotante, pudiendo llegar a medir hasta 30 cm. Esta hortaliza posee un sistema radicular bien desarrollada, estando de acuerdo la ramificación a la

compactación del suelo; así un suelo suelto tendrá lechugas con un sistema radicular más denso y profundo que un suelo compacto”. (Infoagro, 2002)

4.1.3.2. Las hojas

“Las hojas de lechuga, por su forma puede ser, lanceolada, oblonga, redonda, el borde de la hoja de la lechuga son lisas, lobulado, ondulado o dentado (crespo). Sin peciolos (sésiles), arrosetadas, ovales, gruesa, enteras y las hojas caulinares, alternas, auriculado y abrasadoras, el extremo puede ser redondo o rizado. Su color va del verde amarillo hasta el morado claro, dependiendo del tipo y variedad”. (López, 1994)

“Sus hojas son basales numerosas y grandes en densa roseta, además ovales, oblongas, brillantes y opacas, dependiendo del tipo y variedad”. (Gordon, 1992)

De acuerdo con Japón (1977). Señala que “Las hojas adoptan al comienzo de su desarrollo la forma de roseta, para cerrarse más tarde y formar un cogollo, más o menos apretado según variedades. Las hojas son lampiñas, ligeramente dentadas y de formas variadas. A medida que se van cubriendo unas a otras desaparece su contacto directo con la luz, por lo que pierden el color verde. Por otra parte, este color verde variable, ocasionalmente teñido con tonalidades rojizas o violáceas, es característico de cada variedad. Atendiendo a su textura las hojas pueden ser mantecosas o crujientes, con aspecto ondulado, liso o rizado”.

4.1.3.3. El tallo

“El tallo se alarga hasta 1.20 m de longitud, ramificándose el extremo y presentando en cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia”. (López, 1994)

De acuerdo con Saavedra Del R. Gabriel, et al. (2017). Señala que “El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de la cosecha, sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga hasta 1.2 m de longitud, con ramificación del extremo y presencia, en cada punta de las ramillas terminales de una inflorescencia”.

4.1.3.4. La inflorescencia

“La inflorescencia está formada de grupos de 15 a 25 flores, las cuales están ramificadas y de color amarillo”. (López, 1994)

“Las flores son hermafroditas, están reunidas en capítulos de color blanco- amarillento, con cinco estambres soldados y un ovario bicarpelar con un solo ovulo que dará origen a la

semilla. La fecundación es autogama. Al aire libre su fecundación cruzada es del 1 al 2 por 100". (Japón, 1977)

“Las inflorescencias son capítulos florales amarillos dispuestas en racimos”. (Eroski, 2005)

4.1.3.5. Las semillas

De acuerdo con López (1994). Señala que “las semillas son largas que varían de 4 a 5 mm, su color generalmente es blanco crema, aunque también las hay 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 han utilizado temperaturas ligeramente elevadas (20° a 30° C) para inducir a la germinación2.

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

4.1.3.6. El fruto

“El fruto de la lechuga es en aquenio, seco, y oblongo; de 3 a 5 mm de largo, de color blanco amarillento hasta el gris negruzco, aplastado y más ancho en el ápice, con 3 a 5 costillas en cada cara”. (López, 1994)

4.1.4. Variedades de lechuga

De acuerdo con Giaconi y Escaff (1995). Señala que “las variedades de lechuga se pueden agrupar en cuatro tipos bastante definidos: repolladas o de cabeza, de hojas o de amarra, cos o romana y de cortar.

Por otra parte, se pueden clasificar en variedades de verano y de invierno, aunque no son tan definidas como las anteriores debido a cierto grado de adaptación a una estación u otra mostrado por algunas variedades”.

4.1.4.1. Lechuga romana o larga (*Lactuca sativa* Var. *Longifolia*)

“Es el tipo más común, con hojas robustas y nervios fuertes; habitualmente se pone las ensaladas y en bocadillos, por sus hojas alargadas y fáciles de limpiar”. (Giaconi y Escaff, 1995)

Fotografía N° 01. Variedad romana o larga



Fuente: UNALM. Red hidropónica

4.1.4.2. Lechugas repolladas o de cabeza (*Lactuca sativa* Var. capitata)

“Dentro de este tipo hay de hojas suaves o lisas (Trocadero, White Boston y española) y de hojas crespas (Great Lakes, Imperial), también existiendo variedades mejor adaptadas para cada zona y clima particular”. (Giacconi y Escaff, 1995)

Fotografía N° 02. Variedad repollada o de cabeza



Fuente: UNALM. Red hidropónica

4.1.4.3. Lechugas de hojas o amarra (*Lactuca sativa* Var. *crispa*)

“La denominación “de amarra” se presta a confusión, la amarra es eventual y se practica mucho menos en la actualidad. Dentro de las variedades de verano se tiene: Milanesa, gallega de verano y Crespa Simpson. Dentro de las variedades de invierno están gallega de invierno, Parker y francesa”. (Giaconi y Escaff, 1995)

Fotografía N° 03. Variedad de hojas o amarra



Fuente: UNALM. Red hidropónica

4.1.4.4. Variedad White Boston “Mante, Mantecosa, Mantequilla, Lisa”

De acuerdo con Yanque (1992). Señala que es una lechuga arrepollada de hojas blandas de cabeza sólida, hojas interiores aceitosas de textura grasosa de tamaño mediano, de una buena calidad de color verde claro; el periodo vegetativo varía de dos a tres meses.

Son plantas menos resistentes al calor que las variedades crespas, maduran en menor tiempo que estas por consiguiente tienen menor tendencia a la floración, es de gran demanda en nuestra región, por su palatabilidad y gusto, llega a pesar de 0.35 a 0.50 kg por unidad.

- Raíz: Es típica, su raíz principal gruesa y con raíces secundarias abundantes.
- Hojas: Son blandas de color verde claro, forma cabeza de textura grasosa.
- Tallo: Son cilíndricas y ramificadas (con el interior vacío con una altura de 1 metro aproximadamente).
- Inflorescencia: Parecen sencillas, pero en realidad son cúmulos de numerosas florecillas agrupadas de tal como que parecen una flor.
- Semilla: son blancas de forma alargada bastante pequeñas de peso específico muy bajo.

Fotografía N° 04. Variedad White Boston “Mantecosa”



Fuente: UNALM. Red hidropónica

4.1.4.5. Variedad Great Lakes “Carola o americana”

De acuerdo con Yanque (1992). Señala que “es una variedad que tiene las hojas grandes, gruesas de color verde oscuro y las hojas interiores bien dobladas de color blanco amarillento.

Las hojas los tiene ásperos, lo cual trae como ventaja soportar el aderezo dos a tres horas antes de consumirlas, no sufren marchitamiento con el vinagre, tiene el cogollo blanco vidrioso, esta variedad es de gran tamaño y peso, llega a pesar hasta 1.2 kg por unidad. Se adapta con dificultad a los diferentes climas, tiene periodo vegetativo más largo que las variedades suaves, variando de tres a cuatro meses para su maduración”.

- Raíz: Es típica, siendo la principal gruesa y con abundantes raíces secundarias.
- Hojas: Son muy gruesas y acrespadas, de color verde oscuro las externas y las hojas internas del cogollo de color blanco amarillento; forman cogollos de gran tamaño compactos.
- Tallo: son cilíndricos, ramificadas y compactos, con una altura de 70 a 90 cm aproximadamente.
- Inflorescencia: compuesta, formada por un cumulo de florecillas agrupadas de tal forma que parecen una flor.

- Semilla: son blancas, la forma alargada bastante pequeña de peso específico muy bajo, no presenta ninguna diferencia frente a la variedad White Boston. (Yanque, 1992)

Fotografía N° 05. Variedad Great Lakes “Carola”



Fuente: UNALM. Red hidropónica

4.1.4.6. Variedad Red Salad Bowl “Roja”

De acuerdo a Gutiérrez (2011). Señala que la lechuga de “Hoja Roble” o “Roja”, es una variedad de precocidad media, hojas de color rojo bronce, ovales, largas, divididas de rizado medio, muy tiernas. Planta voluminosa de porte abierto, lenta a subir. Apreciada en ensaladas por su bonito colorido. Para la cosecha: recoger hojas tiernas y grandes a medida que se van produciendo.

Se cultivan en suelos fértiles y profundos; manteniendo la tierra fresca mediante riegos. La densidad de la siembra es de 0.25 – 0.50 kg/ha; marco de plantación de 40 x 30; profundidad de siembra a 0.5 cm; tiempo de germinación de 5 a 25 °C, modo de siembra: trasplante.

La Salad Bowl es un tipo de lechuga mantecosa que incluye variedades verde y roja, una planta adulta es suficiente para llenar la ensaladera. Forma de hojas crespas suculentas de un profundo rojo – marrón con textura suave y dulce sabor, no es amarga. Se prefiere hojas sueltas en mezclas de ensaladas, es un importante ingrediente de sándwich.

Muy bien adaptada tanto para primavera, verano y otoño, con mejor desempeño y más intenso color en climas más fríos. Es lenta para subirse y de rápido crecimiento. Una excelente

opción para agregar color a la huerta intercalando entre otras plantas, como borde ornamental o en jardineras en el marco de la ventana.

Fotografía N° 06. Variedad Red Salad Bowl “Roja”



Fuente: UNALM. Red hidropónica

4.1.4.7. Variedad Waldmann’s Green “Crespa u Orgánica”

Presenta las siguientes características técnicas:

- Variedad de hojas sueltas.
- Color verde atractivo con poca vena foliar.
- Altamente adaptable bajo condiciones de clima templado.
- Selección especial con buen comportamiento en Medio Oriente y Latinoamérica. (Pereda, 2015)

4.1.5. Condiciones de suelo y clima

• **Suelo**

“En los cultivos de primavera, se recomienda más tempranas, en cultivos de otoño se recomienda los suelos francos, ya que se enfría más despacio que los suelos arenosos, en cultivos de verano, es posible los suelos ricos en materia orgánica, pues hay un mejor

aprovechamiento de los recursos hídricos y el crecimiento de las plantas es más rápido”. (Sánchez, 2004)

“El suelo para el cultivo de la lechuga debe estar bien drenado, suelto y sin abono superficial, por eso se procede a enterrar el abono antes, para evitar el contacto de las hojas con bacterias y hongos”. (Douglas, 1985)

De acuerdo con Mercado (1970). Señala que “el tipo de suelo recomendable para el cultivo de la lechuga es bastante amplio, prospera bien desde los francos arcillosos hasta los francos arenosos y también suelos ricos en materia orgánica. Exige suelos que retenga fácilmente la humedad; debido a que su sistema radicular es relativamente pequeño y poco extendido, asimismo que no sean tan ligeros en la textura, la lechuga es exigente de suelos con buen drenaje y de superficie regular en el terreno”.

“La planta de la lechuga es bastante sensible al balance ácido básico del suelo. No prospera en suelos muy ácidos, pero sí en suelos neutros y ligeramente alcalinos. El pH óptimo es de 6 a 7”. (Dueñas, 1965)

“En el cultivo de 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 al cuello”. (La Torre, 1995)

“La lechuga prefiere suelos ligeros, areno-limosos, con buen drenaje, situando el pH óptimo entre 6,7 y 7,4. En los suelos humíferos, la lechuga se desarrolla bien”. (Giacconi y Escaff, 1995)

- **Temperatura**

De acuerdo con Sánchez (2004). Señala 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 5 - 8 °C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencias de temperaturas entre el día y la noche, durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12 °C por el día y 3 – 5 °C por la noche.

Este cultivo soporta mejor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas 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.

De acuerdo con Monteagudo (1976). Señala que, en el cultivo de la lechuga, la temperatura de 25 °C estimula la floración del esbozo floral, la flor se origina en la mitad del tallo y aparece en el centro de la cabeza. En climas fríos hay floración de cogollos compactos y de gran tamaño. En climas cálidos disminuyen el tamaño cogollo, extendiéndose y se acentúa el sabor amargo si falta agua.

Existen variedades de lechuga adaptables a todos los climas y que maduran en distintas estaciones; sin embargo, la lechuga es una planta relativamente resistente al frío, porque realiza el mayor de su desarrollo vegetativo en temperaturas inferiores a 21°C. Aunque el desarrollo es mayor en climas fríos, se puede cultivar también en climas cálidos, haciendo la siembra en épocas menos calurosas del año.

La temperatura es el factor limitante de la producción, especialmente en las variedades de cabeza sobre todo en los lugares de temperatura elevada, puesto que estimula el alargamiento del tallo, por tanto, el florecimiento, sin poder detenerlo, aunque se vuelva a someter a condiciones ambientales requeridas por la planta, además crecen las hojas sueltas y aumenta el sabor amargo, limitando así el consumo, por tanto, lleva al fracaso de producción de cabezas de lechuga.

Cuando las temperaturas son altas al comienzo del crecimiento de la planta no producen daños, como los que se observan en el momento de la madurez, las plantas tiernas toleran heladas ligeras, en cambio las plantas adultas sufren perjuicios que se manifiestan en la reducción de las cabezas y lesiones en la punta de las hojas.

De acuerdo con Maroto (1986). Señala 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 en torno a los 12 °C por el día y 3 – 5 °C por la noche”.

De acuerdo con Dueñas (1965). Señala que “en general, los mejores resultados, se obtienen en los bajos promedios de temperatura, particularmente durante los últimos periodos de crecimiento. La planta se desarrolla mejor cuando la temperatura se mantiene entre los 15 °C y 21 °C. Así en la costa se desarrolla mejor con temperaturas inferiores a los 21 °C y en la

sierra cuando la temperatura es de 16 °C a 17 °C, a temperaturas bajas como de 10 °C a 1 °C, ya reducen el rendimiento”.

- **Humedad relativa**

De acuerdo con Sánchez (2004). Señala 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”.

La lechuga es una planta que requiere de amplios aportes de agua, estas necesidades van en aumento a medida que el cultivo madura. En medio seco madura como plantas más pequeñas que cuando es cultivada en bastante humedad, que serán de tamaño normal correspondientes a las diferentes variedades. Toovey et al. (1977)

De acuerdo con Dueñas (1965). Señala que “el incremento de la humedad en el suelo indica un rápido crecimiento, pero si el aumento se realiza después de que las plantas han comenzado a formar cabezas se interfiere el normal plegamiento de las hojas, tornándose los cogollos sueltos, por otra parte, la lechuga es sumamente sensible a la falta de agua y sobre todo en aquellos suelos que tienen un drenaje rápido; entonces es esencial aportar buena cantidad de agua para conseguir una buena cosecha de lechugas sanas y bien fresco”.

4.1.6. Suelo orgánico y compost

4.1.6.1. Suelo orgánico

Suelo orgánico es tipo específico de suelo caracterizado por presentar una enorme cantidad de materia orgánica en su composición básica. Se entiende por materia orgánica todos aquellos elementos de origen biológico (residuos animales y vegetales en etapas de descomposición) que vienen a constituir la fracción orgánica de los suelos y siempre ubicados en el horizonte edáfico más superficial, es decir, en el denominado con la letra A.

Suelo orgánico es aquel suelo que posee un alto contenido orgánico; generalmente este tipo de suelos es muy compresible y de escasa capacidad portante. (Melendez, G. y Soto G, 2003)

4.1.6.2. Compost

De acuerdo con Zapater, J. y Calderón (1992). Señala que “el compost es una mezcla de materia orgánica, mezcla de residuos de animales y vegetales, el cual es aplicado en el suelo en un proceso intermedio y la descomposición.

El compost, compostaje, composto o abono orgánico es el producto que se obtiene de compuestos que forman parte de los seres vivos en un conjunto de productos de origen animal y vegetal; constituye un grado medio de descomposición de la materia que ya es un magnífico abono orgánico para la tierra. Se denomina humus al grado superior de descomposición de la materia orgánica. El humus supera a compost en cuanto al abono, siendo ambos orgánicos”.

4.1.7. Técnicas de cultivo de la lechuga

4.1.7.1. Hidroponía

4.1.7.1.1. Definición de hidroponía

De acuerdo con Rodríguez, A. et al. (2004). Señala que la hidroponía (*hidro* = agua y *ponos* = trabajo o actividad) es traducido literalmente como el trabajo del agua y es una técnica de la producción de cultivos sin suelo. Este es reemplazado por el agua con los nutrientes y minerales esenciales disueltos en ella.

Las plantas toman su alimento mineral de las soluciones nutritivas, adecuadamente preparadas y sus elementos orgánicos los producen autotróficamente por procesos fotosintéticos y biosíntesis. La producción sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad y asegurar un uso más eficiente del agua. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada producción de la planta, lográndose mayores cosechas por año.

La hidroponía es una realidad técnica, posiblemente hoy en día sea el método más intensivo de la producción de plantas; generalmente es de alta tecnología y de fuerte capital. En los últimos 20 años ha aumentado considerablemente su interés por el uso de esta técnica para producir cultivos hortícolas dentro del invernadero.

La palabra hidroponía se deriva del griego *Hydro* (agua) y *Ponos* (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en el agua. La hidroponía en términos estrictos, es una técnica que permite producir plantas sin emplear suelo. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Minera – UNALM (2002)

De acuerdo con Tapia (1993). Señala que "es una tecnología que consiste en un cultivo de plantas no acuáticas, nutridas mediante una solución que contiene todos los elementos esenciales disueltos en una forma inorgánica con adecuados niveles de pH, conductividad eléctrica y porcentaje de oxígeno, además las raíces pueden estar insertas en sustratos naturales o artificiales inertes o simplemente en el medio líquido".

4.1.7.1.2. Ventajas y desventajas

4.1.7.1.2.1. Ventajas

La hidroponía, considerado como un sistema de producción agrícola, presenta una gran número de ventajas, desde el punto de vista técnico, como son:

- No existe la competencia de las plantas por los nutrientes.
- Menor consumo de agua y fertilizantes.
- Reducción de aplicaciones de agroquímicos.
- La producción es intensiva, lo que permite tener mayor número de cosechas por año.
- Mayor cantidad en el producto.
- Mayor limpieza e higiene.

La regulación de la nutrición de las plantas es el aspecto más importante, debido bajo este sistema es posible tener un control completo y del mismo modo asegurar un suministro homogéneo de nutrientes, ajustable según el estado fenológico.

Además, que el agua utilizada por unidad de peso de cosecha puede llegar a ser solo 1/3 a 1/10 de la que se utiliza en un cultivo geopónico, bajo las mismas condiciones de humedad y temperatura, debido a que no existen pérdidas por percolación, evaporación o escurrimiento, igualmente existe un ahorro de fertilizantes al suministrar solo lo que se necesita y no existen pérdidas por lixiviación.

Además, se tiene que la incidencia de malezas es nula o casi nula y la incidencia de problemas radicales causados por plagas y enfermedades disminuye y ante la eventual presencia es muy fácil y económico sanitizar el cultivo. (Haward, 2005)

De acuerdo con Giaconi y Escaff (1995). Señala que "se tienen ventajas productivas comparados con sistemas tradicionales como el riego, que no es una labor adicional ya que se encuentra incluido dentro del sistema y junto con ello una aplicación automática de los nutrientes, de tal manera que todas las plantas lo reciben de igual cantidad y calidad y junto

con la solución nutritiva se pueden aplicar los pesticidas cuando sean necesarios y por último no existe necesidad de esterilizar el medio de crecimiento de las raíces ya que se encuentran aisladas del medio natural que es el suelo”.

Adhiere que entre las ventajas que ofrecen los cultivos hidropónicos son las siguientes:

- Es posible alcanzar y mantener la concentración de nutriente deseada en la solución nutritiva.
- Permite cultivar plantas en lugares donde no hay suelo o donde este pueda estar contaminado o no reunir las condiciones de fertilidad.
- Existe una mayor uniformidad en las plantas.
- La nutrición puede ser cambiada en cualquier momento en función de las condiciones climáticas.
- La floración y fructificación están influenciados por el N. por ello el aporte de este nutriente puede regular las fases del ciclo vegetativo y productivo del desarrollo de las plantas.
- El pH de la solución se mantiene en el rango más adecuado para cada cultivo. (Cerde, 1993)

4.1.7.1.2.2. Desventajas

“Como desventajas el alto costo inicial por concepto de infraestructuras, también señala que como respuesta de las plantas es casi inmediata, se debe observar a diario, las plantas como el sistema en general y dice además que se requiere contar con personal capacitado que sea capaz de operar los sistemas y conocer cómo funcionan las plantas”. (Tapia, 1993)

“La producción depende de energía eléctrica, debe disponer de alternativas, para no tener problemas en el funcionamiento de la producción, igualmente destacan los costos iniciales de inversión”. (Giacconi y Escaff, 1995)

Las desventajas de los cultivos hidropónicos son las siguientes:

- La producción está limitada por el área disponible.
- Es necesaria una capacitación previa para el manejo exitoso.
- En condiciones de invernadero están limitados a cultivos de alto valor comercial. (Cerde, 1993)

“Aparece una enfermedad por cualquier medio, que se transmite y disemina rápidamente causando graves pérdidas”. (Giaconi Y Escaff, 1995)

“Se trata de un sistema cerrado, el problema puede ser mayor, por lo tanto, una constante observación de los cultivos es muy importante para poder reaccionar a tiempo”. (Tapia, 1993)

4.1.7.1.3. Sistemas de cultivo hidropónico

“En este tipo de sistemas las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva. La ventaja de los cultivos sin suelo está en la facilidad para emplear técnicas de irrigación con un consumo moderado del agua, como en el caso de los hidropónicos puros donde las raíces de las plantas están sumergidas en la disolución nutritiva”. (Marulanda, 1992)

De acuerdo con Zapp (1991). Señala que existen diferentes tipos de cultivos hidropónicos desde los más simples como funcionamiento manual o semiautomático, hasta los más sofisticados y completamente automatizados. No todo sistema es efectivo en todas las localidades. Como toda inversión que se hace al comenzar un proyecto, los beneficios que puede brindar un centro de producción hidropónica, puede obtenerse en el corto o mediano plazo. Un sistema hidropónico no será económicamente variable sino se le da una adecuada atención a la estructura de su ambiente.

Existen varios sistemas de cultivo con diversos materiales que son utilizados como sustrato (en hidroponía no se usa suelo, sustrato es todo material sólido que puede ser usado como sustituto del suelo, de tal forma que sirva de medio de crecimiento artificial para la producción de las plantas), lo cual sirve de contención para las raíces.

A continuación, se explican con un poco más de detalle los sistemas más usados. Los sistemas hidropónicos se pueden dividir en dos:

- ✓ Sistemas hidropónicos con sustrato líquido.
- ✓ Sistema hidropónico con sustrato sólido.

“Dependiendo del medio en el que se desarrollan las raíces, los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en tres grupos: cultivos en sustrato, cultivos en agua y cultivos en aire (aerónicos)”. (Jiménez, 2010)

“Los métodos de cultivos más utilizados son: cultivos en agua como raíz flotante”. Alvarado et al. (2001)

4.1.7.2. Acolchado

“El término acolchado hace referencia a cualquier cubierta protectora que se extiende sobre el suelo y que constituye una barrera más o menos efectiva a la transferencia de calor y de vapor de agua. El acolchado puede consistir en un manto de restos de vegetales formados natural o artificialmente o en material sintético”. (Turney y Menge, 1994)

“El acolchado es una técnica empleada tanto en cultivos herbáceos como leñosos para mejorar el control sobre las malas hierbas, aumentar la temperatura el suelo y disminuir la evaporación del agua”. (Díaz, 2012)

“Los acolchados plásticos se han utilizado comercialmente desde los años sesenta para mejorar la producción de hortalizas”. (Lamont, 1993)

En cuanto al material, espesor y color, se utilizan diferentes tipos de láminas de plástico que varían dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región. El polietileno es uno de los materiales plásticos más utilizados debido a que es más fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta durabilidad, flexibilidad y es inodoro a comparación con otros polietilenos. Gutiérrez et al. (2003)

4.1.7.3. Ventajas del uso de acolchado

Como las principales ventajas de la técnica del acolchado se resaltan lo siguiente:

✓ **Incrementa la temperatura del suelo**

A cinco centímetros de profundidad la temperatura sube a 3 °C con las de plástico color oscuro y hasta 6 °C con cubiertas claras. Este incremento de temperatura permite adelantar la cosecha y mejorar el rendimiento. La temperatura óptima de suelo para la mayoría de las especies es de 20 a 25 °C.

✓ **Reduce la compactación del suelo**

Permite que el suelo se airee mejor, por lo que las raíces disponen de mayor cantidad de oxígeno y la actividad microbiana se incrementa lo que hace que la estructura del suelo mejore y existan mayor disposición de nutrimentos.

✓ **Reduce la lixiviación de fertilizantes**

El fertilizante queda protegido con la cubierta de esta forma no es lavado con las altas cantidades de agua de lluvia, lo que permite que las plantas puedan disponer más tiempo para absorberlo.

- ✓ **Reduce el ahogamiento de la planta por exceso del agua**

Esto debido a que el agua de la lluvia escurre por el acolchado hacia la parte inferior de los surcos.
- ✓ **Reduce la evaporación del agua**

El acolchado evita que el sol este en contacto con el suelo lo que evita que se pierda agua por evaporación, sin embargo, el consumo de agua no necesariamente se reduce ya que al crecer más el cultivo requiere mayor cantidad de agua la cual pierde la planta por transpiración.
- ✓ **Se obtienen productos de mejor calidad**

Con el empleo de los acolchados hay poco contacto de los frutos con el suelo, lo que reduce la pudrición de los mismos, por lo que se recomienda usar camas elevadas.
- ✓ **No se requiere cultivar**

Una vez que se trazan las camas de plantación y se coloca el acolchado ya no hay necesidad de mover el suelo, por lo que no hay daño mecánico, como consecuencia se reduce las posibilidades de que los patógenos y bacterias entren por las heridas.
- ✓ **Reduce la presencia de malezas**

Con los diferentes colores de plásticos se reduce en un 100 % la presencia de malezas y las cubiertas de los vegetales solo controlan de forma parcial a las malezas, por otra parte, el uso de pastos o cultivos de porte bajo también reduce la presencia de malezas que compiten con el cultivo principal. Es común utilizar acolchado de color negro por la parte inferior para el control de malezas y refractivo en la parte superior para optimizar la fotosíntesis en las plantas.
- ✓ **Precocidad**

Los acolchados permiten adelantar la cosecha entre 2 a 14 días en el caso de los acolchados oscuros y claras hasta en 21 días. Esto gracias al incremento significativo de la temperatura en el suelo.
- ✓ **Incremento en concentraciones de bióxido de carbono**

El bióxido de carbono es un gas producto de la respiración, cuando las raíces lo eliminan la cubierta dirige este gas hacia los orificios del acolchado plástico lo que no permite lo asimilen las hojas y lo metabolicen y conviertan en energía.

4.1.7.4. Desventajas del uso de acolchado

- **Se elevan los costos de producción**

Se elevan los costos de producción por el uso de acolchados, ya sea en la compra del plástico, su colocación y remoción. Es cierto que el costo se incrementa, pero al evaluarse las ganancias por sus beneficios, normalmente se justifica.

- **Costo elevado para su remoción**

Los plásticos empleados como acolchado se tienen que remover cada año, lo que hace que una actividad costosa y ocasiona un problema ecológico, con el uso de acolchados orgánicos los costos se reducen ya que las cubiertas vegetales pueden incorporarse al suelo una vez que han sido utilizadas y mejorar así la estructura del suelo.

- **Se elevan los costos de producción**

Se elevan los costos de producción por el uso de acolchados, ya sea en la compra del plástico, su colocación y remoción. Es cierto que el costo se incrementa, pero al evaluarse las ganancias por sus beneficios, normalmente se justifica.

- **Incrementa la erosión del suelo**

Si se acolcha en regiones donde la lluvia es abundante, puede haber problemas de erosión en el suelo en la parte baja de las camas donde escurre el agua.

- **Para los plásticos**

La recogida y eliminación de los mismos después de su uso (aunque existen en el mercado biodegradables, aunque a un costo elevado). (Hernández, 2014)

4.1.7.5. Tipos de acolchados

a) Acolchado reflectivo

Estos plásticos tienen color aluminio en la parte superior reduciendo el ataque de plagas y refleja la luz para que estas plantas tomen la luz solar para la parte inferior de las hojas. El material aluminizado presenta al igual que el negro un total control de malezas, se calienta menos que el negro porque su coloración brillante permite que parte de la radiación incidente se refleje.

b) Acolchados de color blanco

Este color tiene poco efecto en la temperatura, pero efectiva en cuanto a la difusión de la luz provocando que las porciones inferiores de las hojas también realicen la fotosíntesis.

c) Acolchado transmisor de infrarrojos

Transmite solo los rayos infrarrojos para el incremento de la temperatura en el suelo, pero no la luz visible que es la que utilizan las plantas para realizar la fotosíntesis. Por lo tanto, no hay desarrollo de malezas, pero eleva la temperatura del suelo.

d) Acolchado de cara inferior negra

Utilizado para el control de malezas. Combinación de colores: normalmente la cara inferior es color negro para el control de malezas y la cara superior puede ser de color gris, blanco, aluminio, etc.

e) Acolchados vegetales

Son productos orgánicos con producción local generalmente se utilizan forrajes de cereales. Se debe utilizar material que no represente un gasto económico significativo que permita reducir los costos de producción y que no genere competencia como forraje para animales.

f) Acolchados vegetales vivos

El uso de cubiertas vegetales vivos también es una buena opción de manejo de cultivos para evitar erosión de los suelos, se puede realizar con pastos o con cultivos de porte bajo que no compitan con el cultivo principal, se aprovecha mejor el espacio ya que se pueden obtener dos cultivos, como ventaja se puede observar ahorro de agua, menor incidencia de plagas. (Hernández, 2014)

Cuadro N° 01

Comparativo de características de acolchado dependiendo del color del material plástico

<i>características</i>	<i>Transparente</i>	<i>Negro</i>	<i>Gris-humo</i>	<i>Verde o Café claro</i>	<i>Blanco / Negro</i>
Transmisión de la radiación solar	80 %	Nula	35 %	65 %	Nula
Control de malezas	Nulo	Alto	Medio	Bueno	Alto
Absorción de calor	Baja	Elevada	Media	Baja	Media
Duración (años)	Hasta 1	Hasta 3	Hasta 2	Más de 2	Hasta 3
Defensa contra bajas temperaturas	Buena	Escasa	Media	Escasa	Escasa
Precocidad de cosechas	Elevada	Mediana	Regular	Elevada	Elevada

Fuente: (RAMOS, 2014)

El acolchado plástico blanco/negro tiene las siguientes propiedades y funciones: impide el crecimiento de la maleza, controla áfidos y mosca blanca, reduce calor en la raíz (en el acolchado que menos calor provoca a 10 – 20 cm de profundidad) y refleja la luz en la planta.

El acolchado negro impide el nacimiento de malezas, pero no logra aumentar significativamente la temperatura del suelo, por lo que se usa en zonas cálidas. El uso de estos materiales en zonas de alta temperatura puede producir quemaduras en hojas y frutos.

4.1.8. Características del cultivo

4.1.8.1. Sistemas de siembra

De acuerdo con Vargas (1997) Menciona que; existen dos sistemas de siembra:

a) Siembra directa

Consiste en sembrar la semilla directamente en el terreno con un posterior desahíje o entresacado, para evitar la competencia entre plantas, este sistema a veces no tiene éxito porque la semilla es muy pequeña y según sea el terreno puede que no prospere la germinación. A su vez este sistema tiene ventajas y desventajas.

Ventajas: Es bastante precoz, se cosecha dos semanas antes que el otro sistema, el costo de siembra es más económico, no requiere de mayor mano de obra para su instalación.

Desventajas: En el desmalezado, es difícil y resulta caro, por lo mismo que las plántulas son delicadas.

b) Siembra indirecta

Consiste en que primero se realiza el almácigo, antes de pasar al campo definitivo, para luego cuando se tiene plántulas con 5 - 6 cm de altura con 3 a 4 hojas se procede al trasplante al campo definitivo; en este sistema tenemos ventajas y desventajas.

Ventajas: Se requiere menor cantidad de semilla, se economiza la superficie, hay facilidad de realzar el repique sin dañar a la plántula antes del trasplante oportuno.

Desventajas: La plántula experimenta un estacionamiento de crecimiento después del trasplante alargando el periodo vegetativo, demorando la cosecha en 2 a 3 semanas.

4.1.8.2. Preparación del terreno

La preparación del terreno es fundamental, teniendo en cuenta si el cultivo es directo o indirecto. Cuando es indirecto, antes se debe realizar las labores de preparación de terreno para almácigos, cuidadosamente se deberá mezclar tierra de cultivo y materia orgánica (compost, humus, turba y arena), en una proporción de 2:2:1; se exige que el terreno este nivelado, desinfectado y con una humedad adecuada.

Para el cultivo directo, empleando tracción mecánica y tracción hombre, se debe cuidar la nivelación para evitar los montículos y hondonadas.

4.1.8.3. Densidad de siembra

Al trasladar las plántulas al terreno definitivo, varía dependiendo de muchos factores, especialmente en la variedad, en cuanto al distanciamiento entre surcos se aconseja de 50 – 80 cm. Entre planta de 25 – 40 cm en doble hilera intercalada y de 25 – 30 cm cuando la plantación es en todas direcciones.

Por ejemplo, la densidad tiene una influencia importante en las variedades crespas arpeolladas, en la formación de cabezas y la precocidad, etc.

4.1.8.4. Trasplante

La plantación lo realiza en caballones o en banquetas a una altura de 25 cm. Para que las plantas no estén en contacto con la humedad, además evita los ataques producidos por los hongos.

La plantación debe hacerse de forma que la parte superior del cepellón, quede a nivel del suelo, para evitar podredumbres a nivel del cuello y la desecación de las raíces. (Casseres, 1996)

4.1.8.5. Riego

La aplicación de riegos en el cultivo de lechuga debe ser ligeros y frecuentes, no obstante, el suelo debe estar aparentemente seco en la capa superficial para evitar podredumbre en el cuello y de la vegetación que toma contacto con el suelo.

El momento oportuno de riego más recomendable son las primeras horas de la mañana o las últimas horas de la tarde; pero si se riega cuando el suelo y la planta tiene altas temperaturas, puede originarse desequilibrios que den lugar al amarillamiento de hojas y cese de la vegetación. (Serrano, 1979)

“El cultivo de la lechuga requiere humedad permanente del suelo, pero bajo un buen drenaje. El cultivo demanda unos 400 a 500 mm de agua durante el ciclo vegetativo. En caso de no ser suficientes, se recomienda riegos cada 8 a 10 días, suspendiéndoles unos cinco días antes de la recolección”. (Ospina, 1995)

4.1.8.6. Abonamiento

De acuerdo con Valencia (1995). Señala que cuando se incorpora materia orgánica al cultivo de la lechuga, esta debe realizarse con anticipación, a fin de que tenga tiempo suficiente de descomponerse y pueda ser aprovechada por la planta. La incorporación cercana a la siembra eleva la temperatura del suelo, ocasionando problemas durante la germinación. Se recomienda de por lo menos 10 t/ha de estiércol proveniente de cualquier fuente como aves, vacunos, ovinos. Es recomendable aplicar estos elementos, a una profundidad de 8 a 10 cm. En el caso de siembra en almacigo y posterior trasplante, aplicar un tercio de fertilizante nitrogenado después del trasplante y el restante abono nitrogenado 15 días después.

De acuerdo con Fernández (1985). Señala que la materia orgánica es la fuente básica de la provisión de nitrógeno a los vegetales, salvo en el caso de las leguminosas, donde existe la simbiosis. En todos los vegetales el nitrógeno se obtiene del suelo, donde la disponibilidad depende de la descomposición de la materia orgánica, además este proceso proporciona a las plantas parte del fosforo y potasio que necesitan.

La materia orgánica es la fuente energética básica para los procesos biológicos que ocurren en el suelo, dado que los procesos son realizados generalmente por organismos heterótrofos. Además, tiene un papel muy importante en la agregación del suelo, por tanto, le da la estructura, como consecuencia influirá en la movilidad de agua, en la aireación, en la retención hídrica, etc. También es fundamental la materia orgánica, por su efecto directo sobre el desarrollo de los vegetales puesto que se ha comprobado que alguna sustancia húmica tiene efecto directo sobre el desarrollo radicular.

De acuerdo con Zapater, J. y Calderón (1992). Señala que el abono orgánico es una sustancia orgánica de origen animal, vegetal o mixto, que se añade al suelo con el fin de mejorar su fertilidad.

La utilización del abono orgánico es una técnica tradicional, muy eficaz para incrementar el rendimiento de los cultivos, porque mediante este sistema se añaden al suelo todas las sustancias necesarias para las plantas, aunque la proporción de nutrientes no es siempre la más adecuada, por lo que, si existen posibilidades, se pueden completar con los abonos minerales.

4.1.8.7. Cosecha

“La madurez está basada en la compactación de la cabeza. Una cabeza compacta es la que 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 sobre madura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mucho mejor sabor que las sobre maduras y también tienen menos problemas en post cosecha”. (Casseres, 1996)

La cosecha se efectúa cuando su configuración lo permite, por estar ya firme, bien redonda y conformada, con amplias hojas o en el centro del cogollo duro como el suelo se mantiene húmedo, hay que tirar o quitarle la raíz y raicillas de la base. (Douglas, 1985)

4.1.8.8. Rendimiento

“En bandejas previamente impermeabilizadas mediante un revestimiento de arcilla fina de dos pulgadas de espesor, se obtuvieron los siguientes resultados de producción de lechuga: peso fresco 2275 g/planta en bandeja abonado con estiércol y 140.80 g/planta en parcela sin abono, altura de planta 10.93 cm en bandeja y 8.74 cm sin bandeja; diámetro de cabeza 23.28 cm en bandeja y 19.01 cm sin bandeja; elongación de la raíz 10.60 cm en bandeja y 14.44 cm sin bandeja”. (Farfán, 1998)

“El abonado foliar, más el abono radicular aumentó los rendimientos de la lechuga, desde 27 117,90 kg/ha hasta 31,157.20 kg/ha, con dosis mayores a dosis menores respectivamente”. (Mercado, 1970)

Cuadro N° 02

Rendimiento de la lechuga

<i>Nivel de fertilización</i>	<i>Variedad White Boston (kg/ha)</i>	<i>Variedad Great lakes (kg/ha)</i>
Guano de oveja	25 337	51 396
120-30-45	32 162	54 031
90-20-30	33 851	61 756
60-10-15	29 365	42 590

Fuente: CHOQUE RAMOS, Carlota. 1984. Tesis de FAZ – UNSAAC

De acuerdo con Ospina (1995). Señala que, en la cosecha, la recolección se realiza de 60 a 70 días después del trasplante; usualmente se hacen de tres a cuatro pases o recolecciones en el cultivo, escogiendo las plantas más desarrolladas. El corte se realiza a ras del suelo, dejando las primeras hojas. La producción aproximada es de 15,000 a 30,000 kg/ha, de acuerdo con la fertilidad del suelo y la disponibilidad de riego.

Las lechugas, luego de ser cosechadas, se lavan, rocían y se colocan en cajas de cartón o de plástico para luego ser llevadas al mercado. La planta puede almacenarse de dos a tres semanas a temperaturas de 0 a 1 °C y humedad relativa de 90 a 95 %. Antes de refrigerar se debe enfriar con aire frío, hielo o agua fría.

“Una característica importante de la lechuga es que debe formar un cogollo o cabeza dura y rellena sin rajarse; el tamaño, forma y la consistencia son los principales índices de madurez”. (Manuales Para Educación Agropecuaria, 1986)

4.1.9. Comercialización de la lechuga en Cusco

En la ciudad del Cusco para el consumo de la población, la lechuga tiene la siguiente procedencia:

Cuadro N° 03
procedencia de la oferta por variedades (unidades)

<i>PROCEDENCIA</i>	<i>UNIDADES</i>			<i>TOTAL ANUAL</i>
	<i>White Boston</i>	<i>Green Leaf</i>	<i>Great Lakes</i>	
Urubamba	173 636	168 720	51 726	394 082
Q'orao	42 450	48 571	0	91 021
Ccachona	1 870	1 500	0	3 370
Curahuasi	1 200	1 200	0	2 400
T'ankarpata	1 304	2 086	0	3 390
Arequipa	0	0	349 566	297 840
Total	220 460	222 077	349 566	792 103

Fuente: SORIA ORIHUELA, MARCO A. Tesis FAZ – UNSAAC. (2012)

4.1.10. Contenido nutricional de la lechuga

La lechuga es rica en calcio, vitamina B y fibra. El aporte de calorías de esta hortaliza es muy bajo, mientras que en vitaminas 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. Otra vitamina que destacan en la lechuga o la vitamina A, E y ácido fólico. Está compuesta en un 94 % de agua y aporta mucho potasio y fósforo.

Cuadro N° 04

Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia

Componentes	Cantidad
Carbohidratos (g)	20.1
Proteína (g)	8.4
Grasa (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fosforo (mg)	138.9
Vitaminas 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: UNALM. (1998)

4.2. Nutrición general de las plantas

De acuerdo con Jara E. & Suni (1999). Señala que “la llave del éxito será la utilización de nutrientes como método de nutrición de las plantas, es conveniente disponer de un programa de diagnosis (en grandes plantaciones a nivel comercial) que nos permita conocer el nivel nutricional de la planta en cualquier momento, para así poder evitar los desequilibrios nutricionales que limitarían el crecimiento de las mismas. El método ideal para diagnosticar alguna deficiencia de nutriente es el análisis foliar una o dos veces por semana como medida preventiva, para así medir el nivel de cada uno de los elementos esenciales en los tejidos de las plantas y así poder corregir alguna deficiencia vía solución nutritiva”.

Reacción del pH de la solución

De acuerdo con Reijck y Schrevens (1998). Señala que el pH de la Solución Nutritiva es una propiedad inherente de la composición mineral. El pH óptimo de la Solución Nutritiva es entre 5.5 y 6.0, de esta manera se logra:

- Regular el contenido de HCO_3^- : En forma natural el agua contiene HCO_3^- , este ion se transforma a CO_3^{2-} cuando el pH es mayor que 8.3, ó a H_2CO_3 cuando el pH es menor que

3.8, este ácido en la solución se encuentra en equilibrio químico con el bióxido de carbono de la atmósfera.

- Solubilizar al H_2PO_4 : La principal forma en que el fósforo es absorbido por las plantas es $H_2PO_4^-$.
- Evitar la precipitación de Fe^{2+} y Mn^{2+} : La solubilidad de estos dos iones también está en función del pH; en la medida que éste aumenta, la solubilidad de esos cationes disminuye.

4.2.1. Efecto de las sales solubles

De acuerdo con Nichol (2017). Señala que “las cantidades excesivas de fertilizantes en la solución o en el sustrato pueden llevar a quemaduras, especialmente en las plantas jóvenes o plántulas de semillero. Las quemaduras por salinización son el resultado de la desecación por daño a las raíces. Las altas concentraciones de sal en los medios reducen la capacidad de las raíces para absorber el agua. La menor absorción de agua se debe a la tendencia del agua a alejarse de la raíz hacia el mayor potencial osmótico (salado) en el área del sustrato o la solución. Los tomates generalmente toleran condiciones más altas de sal que los pepinos, pimientos o lechugas”.

4.2.2. Prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas

De acuerdo con Alejandra et al. (2007). Señala que “las plantas necesitan oxígeno (O_2), dióxido de carbono (CO_2), agua, nutrientes, luz y tiempo para crecer. Por lo tanto, es importante considerar factores como el manejo de nutrientes y riego. El manejo de nutrientes es la implementación de prácticas que permitan obtener un rendimiento óptimo de cultivo y al mismo tiempo minimizar el impacto ambiental (aire y agua). El propósito del manejo de nutrientes incluye la disminución del transporte de nutrientes hacia las fuentes de agua; planificando y supliendo la cantidad necesaria de nutrientes para obtener un óptimo rendimiento y calidad en las plantas; y promoviendo prácticas de manejo que mantengan las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo”.

4.2.3. Composición de las soluciones nutritivas

“Únicamente 16 elementos están considerados como esenciales para el desarrollo y crecimiento de las hortalizas. Estos se dividen en macronutrientes, requeridos en grandes cantidades y los micronutrientes, requeridos en menor cantidad”. (Izquierdo, 2003)

Cuadro N° 05

Macro y micronutrientes para la nutrición de plantas

MACRONUTRIENTES	MICRONUTRIENTES
Nitrógeno (N)	Hierro (Fe)
Potasio (K)	Cloro (Cl)
Azufre (S)	Manganeso (Mn)
Fosforo (P)	Boro (B)
Calcio (Ca)	Cobre (Cu)
Magnesio (Mg)	Zinc (Zn)
Carbono (C)	Molibdeno (Mo)
Hidrogeno (H)	
Oxigeno (O)	

Fuente: (Izquierdo, 2003)

4.2.4. Clasificación de los elementos minerales

a) Elementos primarios

“Llamados también elementos mayores o macro elementos como son nitrógeno, fosforo y potasio”. (Zirena, 2002)

“El nitrógeno, fosforo y potasio se denominan elementos mayores porque normalmente las plantas los necesitan en cantidades grandes que la tierra no pueden suministrar en forma completa”. (Villagarcia, S. y Aguirre, 1994)

b) Elementos secundarios

Se llaman así porque las plantas los consumen en cantidades intermedias, pero son muy importantes en la constitución de los organismos vegetales; entre estos son: Calcio, Azufre y Magnesio.

c) Elementos menores

“Llamados también micro elementos, son aquellos elementos 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, las plantas podrían crecer, pero no llegarían a producir o las cosechas serían de mala calidad”. (Zirena, 2002)

La disponibilidad de los micronutrientes es esencial para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas y para obtener rendimientos elevados. Cuando existe deficiencia de uno o varios elementos menores, éstos se convierten en factores limitantes del crecimiento y de la producción, aunque existan cantidades adecuadas de los otros nutrientes.

En los últimos años se ha incrementado el uso de los micronutrientes en los programas de fertilización debido principalmente a:

- Continua la remoción de elementos menores por los cultivos que en algunos casos, ha disminuido la concentración de éstos en el suelo a niveles menores a lo necesario para el crecimiento normal.
- El cultivo intensivo, con un mayor uso de nutrientes para aumentar rendimientos, ha incrementado la utilización de elementos menores los cuales no son devueltos al suelo al momento de la cosecha.
- La excesiva acidez de los suelos que reduce la disponibilidad de algunos micronutrientes.
- El uso de nutrientes de alta pureza que ha eliminado el aporte de los elementos menores que en pequeñas cantidades estaban presentes en productos de más baja calidad usadas en el pasado.

Un mejor conocimiento de la nutrición vegetal que ha ayudado a diagnosticar deficiencias de elementos menores que antes no eran atendidas. (Zirena, 2002)

- **Funciones de los elementos nutritivos**

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 nivel de nitrógeno. Hay muy poca movilidad de cobre, zinc y molibdeno.

Desde las hojas viejas hacia las jóvenes, cuando las plantas están deficientes en estos momentos. (Zirena, 2002)

4.2.4.1. Macronutrientes

4.2.4.1.1. Nitrógeno

a. Importancia agrícola de la asimilación del nitrógeno

- **Elaboración cloroflica:** Esta función produce glúcidos que se proteinizan después por medio del N del suelo. Si el abonado del nitrógeno es abundante, la mayor parte del glúcido se emplea en la proteinización y quedan poco para los órganos de reserva. Por el contrario, si hay déficit de N, los glúcidos tienden a acumularse. En este principio se basa la distinción entre plantas agrícolas “proteicas” (leguminosas) y “glusidicas” (remolacha, papa, yucas, etc.).

Una planta proteica con abono nitrogenado abundante desarrolla primero la parte aérea y la subterránea. Además, el N favorece la formación de una auxina que estimula la proliferación de las yemas y disminuye el ritmo de formación de las raíces. De hecho, las plantas ricas en N forman yemas y raíces cortas. Sin embargo, es necesario un mínimo de N, pues caso contrario se retrasa el crecimiento de la planta entera.

- **Nitrógeno sistema radicular:** La abundancia de N favorece el desarrollo aéreo en detrimento de las raíces. El N debe ir acompañado en iguales proporciones de otros elementos más el carbono (nutrición carbonada) para un equilibrio en la nutrición en general.
- **Nitrógeno y resistencia a las enfermedades:** El N disminuye o aumenta la resistencia a las enfermedades según los casos:
- Asegura la vegetación mayor a la planta, repara más fácilmente los daños debido a las enfermedades criptogámicas de las raíces, siembra precoz de la remolacha.
- Hace más fina la cutícula y por ello es más fácil la penetración de esporas germinadas que una vez en el interior, encuentran en los jugos ricos en N una alimentación mejor, al cual atrae a los áfidos.
- Crea una vegetación más densa que retiene una atmosfera más húmeda favorable para la germinación de las esporas de los hongos.

b. Síntomas de carencia

- El crecimiento de las plantas es mucho más lento.
- Las hojas amarillean poco a poco empezando por la parte baja de la planta. La clorosis empieza en las puntas y va aclarándose hacia el centro de la hoja.
- Las plantas tienen menos defensas contra plagas, enfermedades y granizadas.
- La floración y producción de semillas queda seriamente mermada.
- Defoliación masiva tras una clorosis avanzada.
- La carencia avanza de abajo hacia arriba, afectando en último lugar a las hojas más jóvenes.

Para solucionar rápidamente el problema se deberá de añadir a la solución nutriente un abono rico en nitrógeno para que las plantas puedan recuperar sus niveles óptimos de este nutriente unos días después de realizar el riego.

Cabe destacar que cuando las plantas ya presentan estas carencias su capacidad para producir ya habrá quedado mermada, de modo que es importante mantener una alimentación equilibrada durante todo el cultivo para obtener una calidad y producción óptima.

c. Síntomas de exceso

- Un exceso de nitrógeno da lugar a hojas excesivamente verdes, se vuelven blandas y vulnerables al estrés, incluyendo el que causan los ataques de insectos y hongos.
- Los tallos se debilitan y pueden doblarse fácilmente.
- El tejido vascular de transporte se deteriora y la ingesta de agua disminuye.
- En casos más graves las hojas adquieren un color marrón cobre, se secan y caen.
- Las raíces se desarrollan despacio, se oscurecen y se pudren.
- Las flores son más pequeñas y hay pocas.

4.2.4.1.2. Potasio

a. Importancia agrícola

- La cutícula de las células exteriores de las hojas, se hacen más resistentes a la penetración de las esporas patógenas.
- Las paredes de los vasos conductores son más espesas, con un diámetro menor. Las plantas se han recibido fuertes abonados potásicos gastan menos agua para su ETV. Esta situación es importante en suelos y climas secos.

- Ya que las raíces han de alimentarse con los glúcidos que viene de las hojas, un abonado potásico abundante, estimula el desarrollo radicular.

b. Síntomas de carencia

La deficiencia de potasio puede causar anormalidades en la planta. Por lo general estas anormalidades están relacionadas con el crecimiento.

- **Clorosis:** Color amarillamiento y quemaduras marginales en las hojas medias y bajas de la planta.
- **Crecimiento lento o retrasado:** Como el potasio es un catalizador importante de crecimiento en las plantas, las plantas deficientes en potasio tendrán un retraso en el crecimiento.
- **Tolerancia disminuida a los cambios de temperatura y a estrés hídrico:** La deficiencia de potasio se traduce en menos agua que circula en la planta. Como resultado, la planta será más susceptible al estrés hídrico y a cambios de temperatura.
- **Defoliación:** Si no se corrige la deficiencia, las plantas deficientes en potasio pierden sus hojas antes de lo que deberían. Este proceso es incluso más rápido si la planta está expuesta a un estrés hídrico o a temperaturas altas. Las hojas se vuelven amarillas marrones, y finalmente se caen una a una.

c. Síntomas de exceso

- Alta movilidad en suelo
- Rápida absorción por raíces

4.2.4.1.3. Azufre

a. Importancia agrícola

- Influye en el metabolismo, ya que al igual que el P se encuentra abundantemente en todas las partes vitales.
- La planta reduce el S mineral (sulfato) a compuestos sulfhídricos de los que el primero parece ser cisteína que por condensación forma di-cisteína (aminoácidos azufrados).

- Las plantas con carencia de S disminuyen su asimilación de nitratos por hidrólisis de las albuminas ya formadas, lo que aumenta el contenido de aminos y amidas. Solo el azufre reducido es activado en la planta; el sulfuro es una reserva.

b. Síntomas de carencia

- Como el azufre está asociado a la formación de proteínas y la clorofila, sus síntomas de deficiencia se asemejan a los de la deficiencia de nitrógeno. El azufre es moderadamente móvil dentro de la planta, por lo que sus síntomas de deficiencia empiezan por lo general, en las hojas jóvenes y progresan con el tiempo hacia las hojas más viejas, lo que hace que las plantas se vuelvan uniformemente cloróticas. Aunque los síntomas de deficiencia de azufre en una sola hoja se ven como los de deficiencia de nitrógeno, esta última comienza en las hojas más bajas (viejas), no en las más nuevas.

c. Síntoma de exceso

- Puede provocar fitotoxicidad en hojas, sobre las que aparecen unas manchas amarillas que posteriormente se necrosan. La planta evidencia una falta de crecimiento.

4.2.4.1.4. Fosforo

a. Importancia agrícola

- El P es necesario para la formación de las semillas (almidón), cuando falta el P la cosecha puede reducirse en un 50 %.
- El P acelera la maduración contrarrestando el efecto unilateral de un exceso de N. influye en la calidad de algunos productos.
- Estimula el desarrollo radicular; en ausencia del P, los glúcidos sirven para la formación de las partes aéreas.
- La abundancia de P explica la mayor resistencia a las raíces a algunas enfermedades.
- El P es necesario para la formación de los prótidos.
- La calidad de los alimentos (vitaminas) para el hombre, depende del P presente en las enzimas que producen las vitaminas.

b. Síntomas de carencia

- El efecto más acentuado de la falta de P es la reducción en el crecimiento de la hoja, así como en el número de hojas.
- El crecimiento de la parte superior es más afectado que el crecimiento de la raíz. Sin embargo, el crecimiento de la raíz también se reduce marcadamente en condiciones de deficiencia de P, produciendo menor masa radicular para explorar el suelo por agua y nutrientes.
- Generalmente, el P inadecuado deprime los procesos de utilización de carbohidratos, aun cuando continua la producción de estos compuestos por medio de la fotosíntesis. Esto resulta en una acumulación de carbohidratos y el desarrollo de un color verde oscuro en las hojas.
- En algunos cultivos, las hojas deficientes en P desarrollan un color púrpura, ejemplos son el tomate y el maíz.
- Se transloca de los tejidos viejos a tejidos meristemáticos activos y por esta razón los síntomas aparecen en las hojas viejas (parte baja) de la planta.
- Otros efectos de la deficiencia de P en la planta incluyen el retraso de la madurez, mala calidad de forrajes, frutas, hortalizas y granos, así como una reducción de la resistencia de las plantas a las enfermedades.

c. Síntomas de exceso

- Estimula el crecimiento vegetativo, provoca la caída de flores, una maduración irregular y se resiente la producción. Además, puede producir deficiencia de K o Mg.
- El exceso de fósforo interviene, en su mayor parte, con la absorción de otros elementos, tales como el hierro, el manganeso y el zinc. La fertilización excesiva con fósforo es común y muchos agricultores aplican innecesariamente altas cantidades de fertilizantes de fósforo, especialmente cuando se utilizan fertilizantes compuestos de NPK o cuando se acidifica el agua de riego con ácido fosfórico.

4.2.4.1.5. Calcio

a. Importancia agrícola

- El Ca interviene en la formación de las paredes celulares ya que se fijan precipitando en forma de pectatos de Ca y Mg.
- El Ca transporta la sustancia elaboradas con la planta.

- El Ca aumenta la transpiración y disminuye la absorción del agua por raíces, ya que disminuye la permeabilidad de una membrana celular.
- El Ca neutraliza los ácidos orgánicos que podrían ser nocivos, si bajan demasiado el pH del jugo celular (como el ácido oxálico: oxalato de calcio).
- El Ca penetra en la planta por difusión por las raíces, cuando el suelo tiene de 30 a 35 ppm (para el Mg 20 a 30 ppm).

b. Síntomas de carencia

- Necrosis en frutos y disfunciones en la estructura física de la planta.
- Produce malformaciones en frutos.
- Hojas jóvenes encorvadas y mueren comenzando por el ápice y los bordes.
- Acortamiento radicular.
- Muerte del tallo comenzando por la yema terminal.
- Clorosis en el borde de las hojas jóvenes.
- Las hojas más jóvenes de la planta son las primeras en ser visiblemente afectadas.
- Se retarda el desarrollo de la parte alta de la planta.
- El sistema radicular se ve afectado con lo que la absorción de los nutrientes se reduce.
- A medida que avanza la carencia las hojas más jóvenes nacen amarillentas e irán deformándose a medida que la carencia avance.
- La producción de los cogollos se ve seriamente reducida
- En cultivos hidropónicos la deficiencia de Ca provoca un pobre desarrollo radicular.

c. Síntomas de exceso

- El Calcio puede verse involucrado en el bloqueo creando carencias de potasio, magnesio, manganeso y hierro, por eso es muy difícil de definir la carencia de Ca.
- El calcio también está relacionado con la transpiración de las plantas. Controla la transpiración procedente de las raíces y las estomas, por donde la planta transpira. En muchas ocasiones es posible que las estomas se cierren por un exceso de calor causando una quemadura superficial, confundiéndola con un síntoma de carencia de calcio.
- Aunque cabe destacar que con una carencia de este elemento las plantas son siempre más susceptibles a sufrir un estrés térmico dado que el calcio contribuye en la creación de proteínas que hacen que la planta sea más resistente al calor.

4.2.4.1.6. Magnesio

a. Importancia agrícola

- Es el único elemento mineral presente en el núcleo de la clorofila, entonces es evidente que juega un papel muy importante en la elaboración de la misma.
- Aproximadamente el 2/3 del total de Mg contenido en la planta son solubles en agua y el resto combinado orgánicamente.
- El Mg es necesario para la formación de los carotenoides y otros pigmentos.
- La presencia de Mg en el suelo favorece la asimilación del fósforo y se pone en contacto con ellos para la formación de fitina.
- El Mg interviene en la formación de glúcidos (fosforilación).
- Es necesario aplicar al suelo Mg adicional cuando se aplica al suelo grandes cantidades de potasio.

b. Síntomas de carencia

- El déficit de magnesio en la planta, provoca la reducción de la fotosíntesis, lo cual se traduce en una inhibición o reducción de la clorofila, apareciendo clorosis de las hojas con amarillamiento y manchas pardas; siendo las partes viejas las primeras afectadas.
- Cabe decir que las gramíneas especialmente no son muy susceptibles a Nutrición Vegetal, sin embargo, por acumularse en órganos de reserva los cultivos de hortalizas, leguminosas y frutales son muy sensibles a la falta de este elemento nutritivo. Los terrenos arenosos tienden a tener especial carencia en este elemento.
- Produce malformaciones en frutos. En hojas viejas:
 - amarillamiento entre los nervios y los bordes.
 - lesiones cloróticas fuertes entre las nervaduras, a veces color violeta.
 - un triángulo verde se forma en la base.
 - las hojas de abajo son las más afectadas.
 - Después, lo mismo les ocurre a las hojas jóvenes.
 - Finalmente, las hojas se caen.
- La carencia puede venir precedida por una acumulación de otros nutrientes como el calcio, hidrógeno y potasio.

c. Síntomas de exceso

- Al igual que el caso de K y de Ca, los excesos de Mg afectan a las relaciones catiónicas que tienen que ver con el antagonismo, en el que participan, puede algún efecto antagónico específico tipo Mg/Ca.
- En suelos muy ácidos y poco aireados, el manganeso asimilable puede alcanzar niveles muy elevados y las plantas lo absorben en cantidades superiores a sus necesidades, alcanzando diversos grados de toxicidad. (Vitorino, 2010)

4.2.4.1.7. Carbono

a. Importancia agrícola

- El Carbono es el elemento fundamental en todo ser orgánico.
- Toda molécula orgánica se compone de Carbono.
- Las plantas toman el Carbono del aire y lo convierten en carbohidratos mediante el proceso de fotosíntesis. En este proceso el Gas Dióxido de Carbono (CO₂) del aire es combinado con el agua (H₂O) y con la ayuda de la energía lumínica (Luz) es convertido en Carbohidratos. Como parte de este proceso se libera Oxígeno.
- Actúa como activador de enzimas para producción de oxígeno a partir del agua de la fotosíntesis.

b. Síntomas de carencia

- La deficiencia de cloruro, puede presentarse si, de manera permanente, el sustrato contiene menos de 2 ppm de esta sal. Sus síntomas se presentan como manchas cloróticas acompañadas de puntos necrosados localizados entre las venas o en las orillas de las hojas más jóvenes. En casos avanzados, la deficiencia de cloruro puede provocar marchitamiento. Ambas deficiencias son raras, puesto que estas sales se encuentran en la mayoría de las fuentes de agua, así como en los fertilizantes (como impurezas).

c. Síntomas de exceso

- Son bastante parecidos a los producidos por la deficiencia de potasio. Con excesivo cloro, la patata y la remolacha producen menos almidón, y el tabaco quema mal.

4.2.4.1.8. Hidrogeno

- El hidrógeno y el oxígeno se hallan en el agua y su incorporación a la planta ocurre mediante la absorción de este líquido. Estos tres elementos cumplen la función (estructural), ya que al ser asimilados se integran en la estructura molecular de todos los compuestos orgánicos.
- También es un componente de los compuestos orgánicos donde se encuentra el C. Los iones de hidrógeno están implicados en las reacciones electroquímicas para regular los intercambios a través de las membranas celulares.

4.2.4.1.9. oxigeno

a. Importancia agrícola

- Las plantas realmente no producen el oxígeno, sino que lo liberan a través del proceso de fotosíntesis. Este proceso lo que hace es transformar la materia inorgánica en orgánica, utilizando la energía lumínica que produce el sol.
- Las plantas absorben el dióxido de carbono y el agua del medio ambiente, utilizan las moléculas que necesitan para crear glucosa y sueltan las moléculas de oxígeno que no van a utilizar de vuelta al medio ambiente.
- Durante el proceso evolutivo, las plantas desarrollaron dos mecanismos opuestos para obtener energía: la respiración y la fotosíntesis (solo a la luz del día). Las plantas respiran durante la noche, tomando el oxígeno del aire circundante y eliminando el dióxido de carbono.

4.2.4.2. Micronutrientes

El papel de los micronutrientes es sumamente complejo y está asociado con procesos esenciales en los que trabajan conjuntamente con otros nutrientes. A continuación, se presenta de manera muy general las principales funciones de los seis micronutrientes:

4.2.4.2.1. Hierro

- Es necesario para la formación de la clorofila, es un constituyente importante de algunas proteínas y enzimas. Es catalizador en los procesos de oxidación y reducción de la planta.
- El hierro interviene en muchos procesos vitales para la planta, formando parte de diversos sistemas enzimáticos. También el hierro participa en la síntesis clorofílica.
- Todos los vegetales deficientes de hierro muestran una sintomatología común, es sin duda la más fácil de reconocer entre las deficiencias de los oligoelementos. Comienza

con un ligero amarillamiento de las zonas foliares intervenales, en contraste con el color verde oscuro de sus nerviaciones. Cuando la enfermedad progresa, las hojas van siendo cada vez más amarillas, en casos muy graves se llega a la ausencia total de clorofila.

- El hierro resulta necesario, aunque en cantidades mínimas. Algunas plantas absorben en cantidades mayores y son muy sensibles ante su carencia (espinaca, lechuga, arroz, peral, nogal, naranjo, limonero, rosas, piña, etc.).
- Las plantas contienen en proporción de 0.1 a 6 %. (Navarro, 2000 & Vitorino, 2010)

4.2.4.2.2. Cloro

- Se admite que el cloro tiende a favorecer la turgencia de la planta y actuar como neutralizador de cationes.
- Las alteraciones por deficiencia de cloro solo han podido ser demostradas utilizando disoluciones nutritivas en condiciones de invernadero. Sus síntomas no son fáciles de identificar. Los más destacables son el marchitamiento de la planta y clorosis foliar, junto a un bronceado o necrosis de ciertas zonas y disminución del tamaño. También se aprecia una reducción del crecimiento radicular y en los casos agudos, no hay producción de frutos.
- Es muy móvil en los tejidos y emigran fácilmente a las partes en actividad fisiológica: hojas, tallos de gramíneas, jugo celular de los tejidos parenquimatosos. En presencia de exceso de cloro, la planta puede presentar carencias de K.

4.2.4.2.3. Manganeso

- Influye en el aprovechamiento del nitrógeno por la planta, actúa en la reducción de los nitratos. Importante en la asimilación del anhídrido carbónico (fotosíntesis) y en la formación de caroteno, rivo flavina y ácido ascórbico.
- Aunque muchas de las funciones del manganeso es aún desconocida, si se sabe que interviene en numerosos procesos metabólicos que se realizan en las plantas. En ellos, su comportamiento químico se asemeja en ciertos aspectos de calcio y magnesio y en otros a los oligoelementos hierro y zinc.
- Influye en el proceso fotosintético, así cuando las plantas enfermas fotosintetizan mucho menos en las sanas. Posteriormente se comprobó que la causa de alteración era la deficiencia de magnesio.

- Los primeros síntomas de deficiencia de manganeso suelen observarse en las hojas jóvenes. Aparecen bajo la forma de decoloraciones, que van desde verde pálido a amarillo o manchas cloróticas entre las nerviaciones. Las hojas, en cuanto a tamaño y forma no difieren en las normales.
- El Mn interviene en la respiración y en la síntesis de proteínas: reducción de los nitratos a nitritos.
- El Mn es necesario al igual que el Fe, se encuentra en todas las plantas a veces en las mismas cantidades que el Fe (0.5 – 2 %).
- Se han comprobado carencias de Mn en casi todas las plantas cultivadas: cereales, soja, vid, caña de azúcar, remolacha y lechuga.
- La carencia de Mn se manifiesta sobre todo en el menor contenido de clorofila en las plantas. (Navarro, 2000 & Vitorino, 2010)

4.2.4.2.4. Boro

- Se relaciona con el transporte de azúcares en la planta. Afecta la fotosíntesis, el aprovechamiento del Nitrógeno y la síntesis de proteínas. Interviene en el proceso de floración y en la formación del sistema radicular de la planta y regula su contenido de agua.
- Interviene en el metabolismo y transporte de carbohidratos, en formación de las paredes celulares (lignificación), influencia en el metabolismo de ácidos nucleicos y en la síntesis proteica.
- Las plantas jóvenes absorben el B más intensamente que las adultas. El B es muy móvil en la planta después de la absorción radicular, pero en las hojas quedan casi inmobilizadas.
- Las monocotiledóneas son más pobres en B que las dicotiledóneas.
- El b influye en la división celular. (Navarro, 2000 & Vitorino, 2010)

4.2.4.2.5. Cobre

- Catalizador para la respiración y constituyente de enzimas. Interviene en el metabolismo de carbohidratos y proteínas y en la síntesis de proteínas.
- Las funciones del cobre en la planta están asociadas con un buen número de enzimas, ya sea como activador o formando parte de ellos como grupo prostético.

- En el caso de la deficiencia de cobre, las enzimas fenol oxidasas no presentan actividad, se sintetiza menos lignina, los tejidos quedan debilitados y los órganos de la planta tienden a encorvarse por esta pérdida de rigidez.
- Es elemento esencial de algunas enzimas vegetales y juega un papel importante en la respiración.
- El Cu oxida el Fe en la planta y le hace inasimilable. Una carencia de Cu acumula Fe en los tejidos. (Navarro, 2000 & Vitorino, 2010)

4.2.4.2.6. Zinc

- Este oligoelemento es requerido para la síntesis de ácido acético, una de las hormonas de crecimiento de las plantas; participa en el metabolismo nitrogenado-, en la glucólisis y transformación de las hexosas fosforiladas.
- Es interesante señalar que todas las plantas deficientes de zinc presentan en sus hojas alto contenido de hierro, manganeso, nitratos y fosfatos, bajos en almidón. Se observa también que las células contienen un número de cloroplastos siempre notablemente inferior a las normales.
- Interviene en la producción de auxinas que activan las yemas.
- Influye en la actividad fotosintética. (Navarro, 2000 & Vitorino, 2010)

4.2.4.2.7. Molibdeno

- Es importante en la síntesis de proteínas y en la fijación simbiótica del Nitrógeno. También ha sido asociado a los mecanismos de absorción y traslación del hierro.
- El principal papel fisiológico del molibdeno se fundamenta en el hecho de que es componente de dos enzimas que catalizan procesos importantes en la planta: nitrogenasa y nitrato reductasa.
- La enzima nitrogenasa constituye la molécula base en la fijación biológica del nitrógeno. Todos estos organismos que fijan el nitrógeno contienen esta enzima y aquellos que lo poseen son incapaces de hacerlo.
- Las enzimas nitrato reductasa, también es importante para asegurar la reducción del nitrógeno nítrico absorbido por la planta en forma amónica.
- Las plantas no leguminosas requieren para la reducción del nitrato ya que el Mo es activador de las enzimas de la reductasa del nitrato y de la oxidasas de la xantina.
- El Mo es indispensable para la formación del ácido ascórbico.

- Una carencia de Mo disminuye el contenido de clorofila y aumenta la actividad respiratoria.
- Las plantas que carecen de Mo contienen un exceso de nitratos. (Navarro, 2000 & Vitorino, 2010)

4.3. Solución hidropónica La Molina

La solución hidropónica La Molina® fue formulada después de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, se eligieron para su preparación, fertilizantes que se pueden conseguir con facilidad en las diferentes provincias del Perú. En hidroponía es común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A y B.

Fotografía N° 07. Soluciones nutritivas La Molina.



Fuente: Rodríguez, A. et al. (2001). UNA La Molina

La solución nutritiva preparada con solución hidropónica La Molina® porta la siguiente concentración de nutrientes (ppm o mg/L):

Solución A La Molina	Solución B La Molina
• 10 ppm K	• 1.00 ppm Fe
• 190 ppm N	• 0.50 ppm Mn
• 150 ppm Ca	• 0.50 ppm B
• 70 ppm S	• 0.15 ppm Zn
• 45 ppm Mg	• 0.10 ppm Cu
• 35 ppm P	• 0.05 ppm Mo

- indica que incluye las cantidades que aporta el agua.

1 ppm (una parte por millón) = 1 mg/litro

Nota: La concentración de la solución nutritiva variará, según el agua que se utilice para prepararla.

4.4. Antecedentes en empleo de micronutrientes en lechuga

El trabajo de investigación titulado “Efecto de dosis de micronutrientes en la producción orgánica de variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en condiciones de invernadero - K’ayra – Cusco”, en el Centro Agronómico K’ayra, en 2014; concluye que:

- Con la dosis de 4 ml de micronutriente por litro de agua, se obtuvo un rendimiento en peso fresco del cogollo de 265.062 g/planta y 1.590 Kg/0.54 m² superior a las dosis de 2 y 0 ml/l de agua.
- Con la dosis de 4 ml de micronutriente por litro de agua se obtuvo un diámetro del cogollo de 33.219 cm superior a las dosis de 2 y 0 ml/l de agua.
- Que las variedades Waldmann’s Green “orgánica” y Red Salad Bowl “roja” alcanzaron mayor diámetro del cogollo con 35.333 cm y 34.417 cm respectivamente, superiores a la variedad White Boston “mantecosa” con 26.917 cm.
- Con la dosis de 4 ml de micronutriente por litro de agua se obtuvo una altura de planta de 25.875 cm superior dosis de 2 y 0 ml/l de agua.

- Las variedades Red Salad Bowl “roja” y Waldmann’s Green “orgánica” fueron superiores en altura de planta con 26.208 cm y 24.979 cm respectivamente, ocupando el último lugar la variedad White Boston “mantecosa” con 20.625 cm.
- Con la dosis de 4 ml de micronutriente por litro de agua se obtuvo un peso fresco de la raíz de 31.405 g/planta (3.48t/ha) y 0.188 Kg/0.54m² superior a las dosis de 2 y 0 ml/l de agua.
- La variedad Waldmann’s Green “orgánica” fue superior a las demás variedades en peso fresco de la raíz con 30.750 g/planta (3.42 t/ha), ocupando el último lugar la lechuga variedad White Boston “mantecosa” con 5.042 g/planta.
- La variedad Waldmann’s Green “orgánica” fue superior a las demás variedades con 0.185 Kg/0.54 m² de peso fresco de la raíz, ocupando el último lugar la variedad White Boston “mantecosa” con 0.150 Kg/0.54m².
- Con la dosis de 4 ml de micronutriente por litro de agua se obtuvo una longitud de la raíz de 13.515 cm superior a las dosis de 2 y 0 ml/l de agua.
- Las variedades Red Salad Bowl “roja” y Waldmann’s Green “orgánica” fueron superiores en longitud de la raíz a las demás variedades con 13.542 y 12.958 cm respectivamente, ocupando el último lugar la variedad White Boston “mantecosa” con 11.104 cm.
- Con la dosis de 4, 2 y 0 ml de micronutriente por litro de agua se obtuvieron diámetros de la raíz de 2.125, 1.185 y 1.775 cm respectivamente, que estadísticamente son homogéneas.
- Las variedades Waldmann’s Green “orgánica”, Red Salad Bowl “roja” y Great Lakes fueron superiores con 2.188, 2.042 y 1.833 cm respectivamente en diámetro de la raíz, respecto a la variedad White Boston con 1.638 cm que ocupa el último lugar. (CISNEROS, 2014)

El trabajo de investigación titulado “Efecto de soluciones nutritivas por fertirriego en la producción de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante el cultivo vertical en invernadero Kayra – Cusco – 2016”; concluye que:

- En el peso del cogollo, el tratamiento D3*V4 (10 ml de solución A + 4 ml de solución B * Waldmans Green) es estadísticamente superior a los demás tratamientos con 0.417 (kg/pta.) seguido por el tratamiento D2*V4 (5 ml de solución A + 2 ml de solución B * Waldmans Green) con 0.328 (kg/pta.) mientras en la prueba de variedades se expresa un

promedio de peso fresco de cogollo diferente para cada dosis de solución siendo conveniente fertilizar con D3 (10 ml de solución A + 4 ml de solución B) para Waldmans Green con 0.417 (kg/pta.); Great lakes con 0.299 (kg/pta.); White Boston con 0.263 (kg/pta.). Y Red salad bowl con 0.217 (kg/pta.), se concluye para mayor rendimiento el más conveniente sería fertilizar con D3: (10 ml de solución A + 4 ml de solución B) así como se muestra en el análisis de Tukey para variedad en dosis D3: (10 ml de solución A + 4 ml de solución B) de peso fresco de cogollo (kg/pta.).

- En el peso fresco de la raíz, los tratamientos presentan homogeneidad quiere decir no existe diferencias entre tratamientos. Mientras para dosis de solución nutritiva la D2: (5 ml de solución A + 2 ml de solución B) con 20.625 (gr/pta.) es superior a las demás dosis de solución, quiere decir que a mayor disponibilidad de nutrientes la planta no necesita prolongar la raíz y la deficiencia de nutrientes provoca enanismo y mínimo desarrollo de las raíces.
- En altura de cogollo, el tratamiento D3*V4 (10 ml de solución A + 4 ml de solución B * Waldmans Green) con 17.66 cm ocupa en primer lugar, siendo estadísticamente superior e igual a los tratamientos D3*V3 (10 ml de solución A + 4 ml de solución B * Red salad bowl), D3*V1 (10 ml de solución A + 4 ml de solución B * Great lakes), D3*V2 (10 ml de solución A + 4 ml de solución B * White Boston), D2*V3 (5 ml de solución A + 2 ml de solución B * Red salad bowl), se concluye aplicar cualquiera de los tratamientos mencionados para mayor altura de cogollo.
- En el diámetro de cogollo, los tratamientos D3*V4 (10 ml de solución A + 4 ml de solución B * Waldmans Green) y D3*V3 (10 ml de solución A + 4 ml de solución B * Red salad bowl) con 27.22 y 24.48 cm respectivamente con estadísticamente superiores e iguales a los demás tratamientos. Se concluye aplicar cualquiera de los tratamientos mencionados para mayor diámetro de cogollo. (CASTILLA, 2016)

V. Diseño de la Investigación

5.1. Tipo de investigación: Descriptivo - Evaluativo

5.2. Ámbito de investigación

5.2.1. Ubicación espacial

El campo de investigación se ubicó en los terrenos de la Unidad de Lombricultura del Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

5.2.2. Ubicación política

Región : Cusco
 Provincia : Cusco
 Distrito : San Jerónimo
 Localidad : Centro Agronómico K'ayra

5.2.3. Ubicación geográfica

Altitud : 3225 m
 Longitud : 71°58' Oeste
 Latitud : 13°50' Sur

5.2.4. Ubicación hidrográfica

Cuenca : Vilcanota
 Subcuenca : Huatanay
 Microcuenca : Huanacaure

5.2.5. Ubicación temporal

Inicio : Abril del 2017 (almacigado).
 Finalización : Agosto del 2017 (cosecha).

5.2.6. Ubicación ecológica

La zona de vida en base a la clasificación y considerando como referencia la información meteorológica de 10 años de serie histórica, con temperatura promedio de 12.46 °C y total de precipitación pluvial anual de 702 mm; la ubicación ecológica está dentro de la zona de vida natural en Bosque húmedo Montano Sub Tropical (bh-MS). Holdridge A. (1987)

5.3. Materiales y métodos

5.3.1. Materiales

1. Material biológico

- Lechuga (*Lactuca sativa L. Var. White Boston*)

Denominada también como Butterhead o mantecosa tiene forma de una cabeza o cogollo suelto, su peso promedio oscila entre 200 a 800 gramos. Presenta un periodo corto en producción, se cultivan en las estaciones de otoño, verano y primavera.

Sus hojas son grandes, envolventes muy suaves, tiernas y aceitosas, siendo frágiles al transporte, sus semillas presentan un poder germinativo de un 90%. (Carrasco y Sandoval, 2016)

2. Material de fertilidad

- Solución nutritiva A La Molina
- Solución nutritiva B La Molina
- Suelo agrícola

3. Materiales de campo

- Etiquetas.
- Cajas almacigueras.
- Libreta de campo.
- Malla rashel.
- Plástico de polietileno
- Cordel
- Dolomita

4. Otros materiales

- Cinta métrica.
- Tijera.
- Alicata.
- Pico
- Pala
- Cámara fotográfica.
- Balanza de precisión.

- Regla graduada (Vernier).
- Calculadora.
- Laptop.
- Impresora.
- Equipos de laboratorio de análisis de suelo.
- Estufa.

5.3.2. Métodos

5.3.2.1. Análisis de datos

Lo datos obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico de EXCEL, para la obtención de resultados y posteriormente para ver las diferencias significativas. La información registrada, se analizó mediante cuadros de análisis de variancia (ANVA), uso de probabilidades estadísticas a 95 y 99 % de nivel de confianza. Todos ellos correspondiente al modelo estadístico de Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA). Además, se utilizaron pruebas de comparación de Tukey, para ver las diferencias estadísticas entre tratamientos. Finalmente, para una mejor comprensión de los resultados se hizo gráficos en barras.

5.3.2.2. Diseño experimental

Se adoptó un análisis estadístico de Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 8 tratamientos, 4 repeticiones haciendo un total de 32 unidades experimentales, los que permitieron determinar sus respectivos análisis de varianza (ANVA) y prueba comparativa de tukey.

A. Factores de estudio

a. Sustratos

- Suelo agrícola sin nutrientes (testigo)

b. Macronutrientes

- Solución nutritiva A La Molina (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre).

c. Micronutrientes

- Solución nutritiva B La Molina (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre, molibdeno, cloro).

d. Material genético

- Lechuga Var. White Boston

B. Tratamientos

<i>N° Trat.</i>	<i>Combinación de tratamientos</i>	<i>Clave</i>
1	00 ml A + 00 ml B/litro agua	00A + 00B
2	03 ml A + 01 ml B/litro agua	03A + 01B
3	05 ml A + 02 ml B/litro agua	05A + 02B
4	06 ml A + 03 ml B/litro agua	06A + 03B
5	07 ml A + 04 ml B/litro agua	07A + 04B
6	08 ml A + 05 ml B/litro agua	08A + 05B
7	09 ml A + 06 ml B/litro agua	09A + 06B
8	10 ml A + 07 ml B/litro agua	10A + 07B

C. Variables e indicadores**a. Rendimiento:**

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

b. Comportamiento agronómico:

- Diámetro del cogollo, en cm
- Altura de planta, en cm
- Longitud de la raíz, en cm

5.3.2.3. Características del campo experimental**Almaciguera:**

Largo	1.00 m
Ancho	1.00 m
Área total	1.00 m ²

Campo definitivo:

Largo	13.00 m
Ancho	6.00 m
Área total	78.00 m ²
Largo del acolchado	12.80 m
Ancho del acolchado	1.00 m
Área del acolchado	12.80 m ²
Área neta del tratamiento acolchado	1.60 m ²
Distancia entre bloques	0.40 m
Número de parcelas por bloque	8
Diámetro de los agujeros en las bolsas	15 cm
Distancia entre plantas	20 cm
Número de plantas por tratamiento	40
Número total de plantas por experimento	1,280
Número de plantas a evaluarse por tratamiento	15

5.3.2.4. Croquis de distribución de parcelas experimentales

N ←-----I-----

12.80									6.00
I	1	2	3	4	5	6	7	8	
II	7	4	5	6	8	3	2	1	
III	4	3	8	2	1	7	5	6	
IV	8	5	7	6	2	4	1	3	

5.3.2.5. Conducción de la investigación

a. Manejo del cultivo

➤ Siembra en almaciguera

Las semillas de lechuga fueron adquiridas de tienda agro veterinarias certificadas de la ciudad del Cusco.

La siembra de semillas de lechuga se realizó el día **21 abril del 2017**, en una almaciguera de 1.00 m de largo por 1.00 m de ancho, preparada a una profundidad de 0.20 m con sustratos mezclados de tierra agrícola y humus de lombriz, en la reacción de 1/1, el tipo de siembra que se ha utilizado es indirecta (almacigo) realizando unos pequeños surcos en la almaciguera para luego sembrarlas en fila, se utilizó un aproximado de 500 semillas en almacigo. La humedad del sustrato estuvo a capacidad de campo al momento de la siembra de las semillas; asimismo se ha cubierto primero con totorilla y luego con una malla rashel a 50 % de sombra, a fin de proteger de fuertes radiaciones solares y daño de animales como roedores y aves silvestres.

La emergencia de las plántulas se registró a los 8 días después de la siembra (**29 de abril del 2017**) a partir de este día el material de protección fue progresivamente levantado y descubierto en su totalidad a los 10 días de la emergencia (**9 de mayo del 2017**).

También se realizó la labor de raleo en la almaciguera de lechuga (**10 de mayo del 2017**), con el propósito de provocar el crecimiento vigoroso de las plántulas.

Fotografía N° 08: Almaciguera de Lechuga Var. White Boston.



- **Preparado de los sustratos:** Se preparó todo el campo experimental, roturando, desmenuzando y nivelando la capa arable del suelo agrícola (0.20 m); todo ello con la ayuda de picos y palas. Luego según los tratamientos pre establecidos en el croquis del campo experimental se dividieron las parcelas con una tabla impermeabilizada con plástico de color negro; se regaron por inundación hasta llegar a una humedad de capacidad de campo.
- **Preparado del acolchado:** Con un plástico de color blanco de 2 m de ancho por 13 m de largo se ha cubierto cada bloque, sujetando sus bordes con tierra. Luego con un envase de hojalata circular previamente calentado al fuego, se agujerearon la cubierta de plástico.

Fotografía N° 09. Preparación de acolchado plástico en campo definitivo.



- **Trasplante:** El trasplante a campo definitivo se ha procedido cuando las plántulas alcanzaron un promedio de 5 a 6 cm de altura. Labor que se realizó el día **28 de mayo del 2017** previamente antes de 3 días, con la finalidad de uniformizar el sustrato a capacidad de campo.

Se trasplantaron una lechuga por agujero y sobre un sustrato previamente humedecido a capacidad de campo; a una densidad de 20 x 20 cm de planta a planta.

Fotografía N° 10. Trasplante de lechuga en agujeros del acolchado plástico.



- **Riego:** Inmediatamente después del trasplante se hizo el primer riego con ayuda de una regadora manual; y los demás riegos se realizó en promedio de 2 veces por semana procurando mantener a capacidad de campo.

- **Aplicación de nutrientes:** A 3 semanas de la siembra se aplicaron con ayuda de un vaso milimetrado las dosis de micronutrientes y macronutrientes, empleando un volumen de 6 litros de agua por tratamiento de 40 plantas, la aplicación de estos nutrientes fue aplicado planta por planta. Después de los 10 días del trasplante (**7 de junio del 2017**) se dio la primera aplicación de las soluciones de macro y micronutrientes que posteriormente se siguieron aplicando cada 7 días; siendo la última aplicación dos semanas antes de la cosecha (madurez comercial).
La secuencia de aplicación de las soluciones nutritivas A y B fue en las siguientes fechas:
 - ✓ 1° aplicación: 7 de junio del 2017.
 - ✓ 2° aplicación: 14 de junio del 2017.
 - ✓ 3° aplicación: 21 de junio del 2017.
 - ✓ 4° aplicación: 28 de junio del 2017.
 - ✓ 5° aplicación: 5 de julio del 2017.
 - ✓ 6° aplicación: 12 de julio del 2017.

- **Deshierbo:** Durante el desarrollo del cultivo, en dos oportunidades se han eliminado malezas en sus primeros estados fenológicos. Se realizaron a medida que aparecían las malezas en los agujeros del plástico y en las calles del experimento.

- **Control de plagas y enfermedades:** No se realizó esta labor porque durante la conducción del cultivo no hubo presencia de daños significativos de plagas ni enfermedades.

- **Cosecha.** Se realizó en forma manual a los 64 días del trasplante (**24 de julio del 2017**) cuando las lechugas presentaron un estado de madurez comercial, se cosecharon todas las plantas de cada parcela; e inmediatamente se evaluaron según las variables pre establecidas, extrayendo los cogollos de lechuga incluyendo las raíces, para luego cortar con un cuchillo separando el cogollo de sus raíces.

b. Evaluación de variables

La evaluación de las variables que se describen a continuación, se realizó cuando el cultivo de lechuga se encontró en estado fisiológico de madurez comercial. Cosechando las 15 plantas centrales de cada tratamiento, se tomaron los promedios según sus unidades de medida pre establecidas como indicadores.

Fotografía N° 11. Plantas de lechuga cosechadas para el pesado de peso fresco.



A. Rendimiento

➤ **Peso fresco del cogollo**

Durante la cosecha, se procedió a cortar con ayuda de un cuchillo, separando el cogollo de la raíz. Inmediatamente los cogollos fueron pesados en una balanza (peso fresco) y registrados en gramos por unidad experimental. Después, los resultados cuantitativos hallados se utilizaron para los análisis estadísticos.

Fotografía N° 12. Peso fresco del cogollo de lechuga.



➤ **Peso fresco de raíz**

Conocer el peso fresco de la raíz en el momento de la cosecha, toma importancia porque permite calcular la cantidad de materia orgánica disponible para casos de incorporación de residuos vegetales al suelo para su descomposición y mineralización posterior. Además, similar a demás evaluaciones, las raíces cortadas que han quedado después de evaluar el cogollo, se pesaron uno por uno para su pesado en gramos por planta. Los que sirvieron para la tabulación de datos y análisis estadístico.

Fotografía N° 13. Peso fresco de la raíz de lechuga.



B. Comportamiento agronómico

- **Diámetro del cogollo**

Una vez separado la parte aérea (cogollo) y con ayuda de un instrumento llamado vernier, se precedió a medir en centímetros, la distancia de expansión foliar (diámetro) por planta apto para consumo humano. Donde las plantas ya cosechadas se midieron individualmente, para después obtener el promedio aritmético por cada tratamiento en estudio. Siendo esta variable muy importante por ser referente comercial cuando el producto es cotizado por su volumen y concentración.

Fotografía N° 14. Medida de diámetro del cogollo con una cinta métrica.



➤ **Altura de planta**

Se tomó altura de planta con la ayuda de una regla milimetrada, la distancia desde la parte superior del sustrato hasta el ápice superior de la hoja que lo conforma el cogollo. Siendo el centímetro como unidad de medida utilizada para cada planta cosechada y después considerada como único dato por tratamiento al sacar el promedio de altura de la parte aérea de las lechugas.

Fotografía N° 15. Medición de altura de planta (cm) con cinta métrica.



➤ **Longitud de la raíz**

La profundidad alcanzada por las raíces de lechuga, se midió la longitud de raíz con ayuda de una cinta milimetrada en centímetros, datos que sirvieron para los análisis estadísticos.

Fotografía N° 16. Medición de longitud de raíz de lechuga.



VI. Resultados y Discusión

Cuadro N° 06

Peso fresco del cogollo (g/planta)

TRATAMIENTOS	BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
0 ml A+ 0 ml B/1 de agua	600.00	590.00	620.00	605.00	2415.00	603.75
3 ml A+ 1 ml B/1 de agua	900.00	910.00	895.00	880.00	3585.00	896.25
5 ml A+ 2 ml B/1 de agua	945.00	955.00	940.00	948.00	3788.00	947.00
6 ml A+ 3 ml B/1 de agua	965.00	955.00	950.00	960.00	3830.00	957.50
7 ml A+ 4 ml B/1 de agua	950.00	950.00	945.00	960.00	3805.00	951.25
8 ml A+ 5 ml B/1 de agua	930.00	940.00	945.00	930.00	3745.00	936.25
9 ml A+ 6 ml B/1 de agua	930.00	925.00	925.00	935.00	3715.00	928.75
10 ml A+ 7 ml B/1 de agua	925.00	930.00	930.00	920.00	3705.00	926.25
Sumatoria	7145.00	7155.00	7150.00	7138.00	28588.00	893.38

Datos obtenidos en el campo (elaboración propia)

En el cuadro N° 06 para peso fresco del cogollo (g/planta), en la actualidad se obtuvo un promedio total de 893.38 g/pta.

Cuadro N° 07

ANVA para peso fresco del cogollo (g/planta)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		SIG.
					5 %	1 %	
Bloques	3	19.750	6.583	0.087	0.07100	0.02325	NS. NS.
Tratamientos	7	393594.000	56227.714	744.621	2.49000	3.64000	* *
Error	21	1585.750	75.51				
Total	31	395199.500	CV = 0.97 %				

En el ANVA (Tabla 07) para peso fresco del cogollo, se desprende que no existe diferencia estadística entre bloques, lo que indica que las repeticiones fueron adecuadamente distribuidas dentro del campo experimental. Pero sí existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo que explica que el efecto de la dosis de soluciones nutritivas fue diferente en el comportamiento de peso fresco del cogollo. Siendo el coeficiente de variabilidad

de 0.97 %, lo cual refleja que el análisis de resultados de la investigación está dentro del margen de confiabilidad estadística.

Cuadro N° 08

Prueba Tukey para peso fresco del cogollo (g/planta)

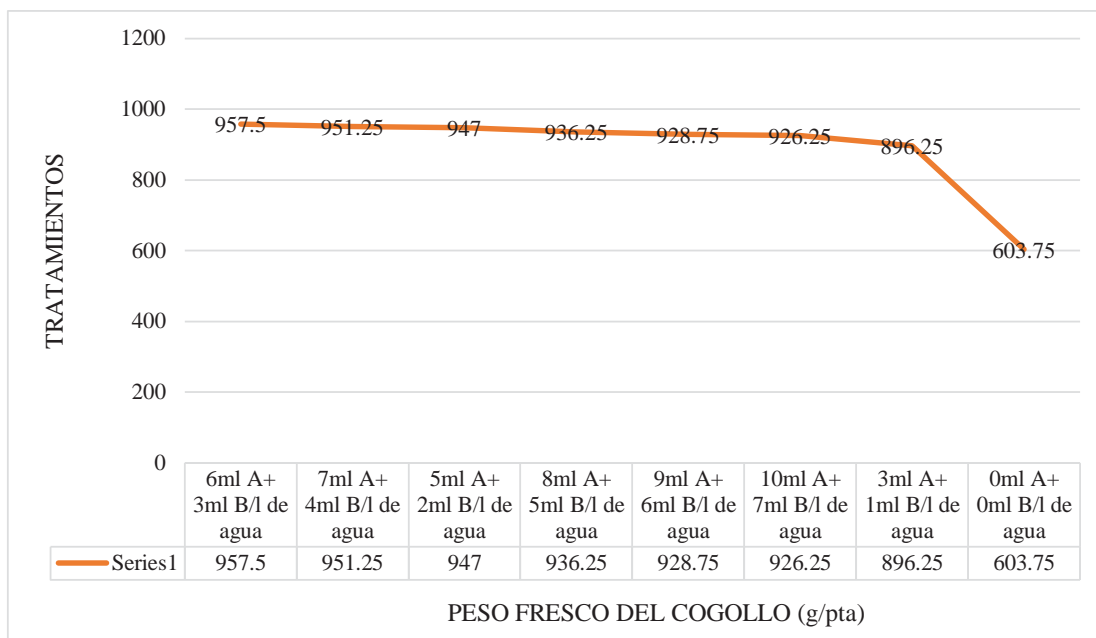
N° de Orden	Tratamientos	Peso fresco del cogollo (g/pta.)	Significancia	
			5 %	1 %
I	6 ml A+ 3 ml B/l de agua	957.50	a	a
II	7 ml A+ 4 ml B/l de agua	951.25	a b	a b
III	5 ml A+ 2ml B/l de agua	947.00	a b c	a b
IV	8 ml A+ 5ml B/l de agua	936.25	b c d	a b
V	9 ml A+ 6ml B/l de agua	928.75	c d	b
VI	10 ml A+ 7ml B/l de agua	926.25	d	b
VII	3 ml A+ 1ml B/l de agua	896.25	e	c
VIII	0 ml A+ 0ml B/l de agua	603.75	f	d

En la prueba comparativo de Tukey (Cuadro N° 08) considerando al 99 % de confianza se tiene:

Para peso fresco del cogollo, el tratamiento de 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua con 957.50 g/planta (157.13 tn/ha) es superior a los demás tratamientos. En segundo grupo los tratamientos que lo constituyen 7ml A+ 4ml B/l de agua con 951.25 (156.10 tn/ha), 5ml A+ 2ml B/l de agua con 947.00 (155.41 tn/ha), 8ml A+ 5ml B/l de agua con 936.25 (153.64 tn/ha), 9ml A+ 6ml B/l de agua con 928.75 (152.41 tn/ha) y 10ml A+ 7ml B/l de agua con 926.25 (152.00 tn/ha) son estadísticamente iguales entre sí, a su vez son superiores a los tratamientos 3ml A+ 1ml B/l de agua y 0ml A+ 0ml B/l de agua, ocupando el último lugar el tratamiento 0ml A+ 0ml B/l de agua con solo 603.75 g/planta. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos esenciales en las soluciones nutritivas A y B, más no así en las dosis 0 (cero) que solamente se agregó agua sin nutrientes. Ver gráfico N° 01.

Según Castilla, A. (2016). En su trabajo de investigación de lechuga la variedad White Boston, obtuvo un resultado en peso fresco de cogollo 893.00 g/planta con un tratamiento de 5 ml de solución A + 2 ml de solución B/l de agua, siendo esta inferior a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, utilizando las mismas soluciones de macro y micronutrientes, pero en diferentes condiciones de campo y técnica de cultivo (cultivo vertical en invernadero).

Gráfico 01: Peso fresco del cogollo (g/planta) para tratamientos.



Cuadro N° 09

Peso fresco de raíz (g/planta)

TRATAMIENTOS	BLOQUES				TOTAL	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
0 ml A+ 0 ml B/l de agua	2.00	1.99	2.10	2.00	8.09	2.02
3 ml A+ 1 ml B/l de agua	2.10	2.15	2.00	1.99	8.24	2.06
5 ml A+ 2 ml B/l de agua	4.15	4.20	4.10	4.00	16.45	4.11
6 ml A+ 3 ml B/l de agua	5.80	5.80	6.00	5.70	23.30	5.83
7 ml A+ 4 ml B/l de agua	5.00	4.80	4.90	5.20	19.90	4.98
8 ml A+ 5 ml B/l de agua	4.20	4.00	3.90	4.10	16.20	4.05
9 ml A+ 6 ml B/l de agua	4.00	3.90	3.80	4.00	15.70	3.93
10 ml A+ 7 ml B/l de agua	3.90	3.80	4.00	4.10	15.80	3.95
Sumatoria	31.15	30.64	30.80	31.09	123.68	3.87

Datos obtenidos en el campo (elaboración propia)

En el cuadro N° 09 para peso fresco de raíz (g/planta), en la actualidad se obtuvo un promedio total de 3.87 g/pta.

Cuadro N° 10
ANVA para peso fresco de raíz (g/planta)

<i>F de V</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i>		<i>SIG.</i>
					5 %	1 %	
Bloques	3	0.02182	0.00727	0.52895	0.07100	0.02325	NS. NS.
Tratamiento	7	47.33135	6.76162	491.62659	2.49000	3.64000	* *
Error	21	0.28882	0.01375				
Total	31	47.64200	CV =	3.03 %			

En el ANVA (Cuadro N° 10) para peso fresco de raíz, se desprende que no existe diferencia estadística entre bloques, lo que indica que las repeticiones fueron adecuadamente distribuidas dentro del campo experimental. Pero sí existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo que explica que el efecto de la dosis de soluciones nutritivas fue diferente en el comportamiento de peso fresco de raíz. Siendo el coeficiente de variabilidad de 3.03 %, lo cual refleja que los análisis de resultados de la investigación están dentro del margen de confiabilidad estadística.

Cuadro N° 11
Prueba Tukey para Peso fresco de raíz (g/planta)

<i>N° de Orden</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>Peso fresco de raíz (g/pta.)</i>	<i>Significancia</i>	
			5 %	1 %
I	6 ml A+ 3 ml B/l de agua	5.83	a	a
II	7 ml A+ 4 ml B/l de agua	4.98	b	b
III	5 ml A+ 2 ml B/l de agua	4.11	c	c
IV	8 ml A+ 5 ml B/l de agua	4.05	c	c
V	10 ml A+ 7 ml B/l de agua	3.95	c	c
VI	9 ml A+ 6 ml B/l de agua	3.93	c	c
VII	3 ml A+ 1 ml B/l de agua	2.06	d	d
VIII	0 ml A+ 0 ml B/l de agua	2.02	d	d

En la prueba comparativo de Tukey (Cuadro N° 11) considerando al 99 % de confianza se tiene:

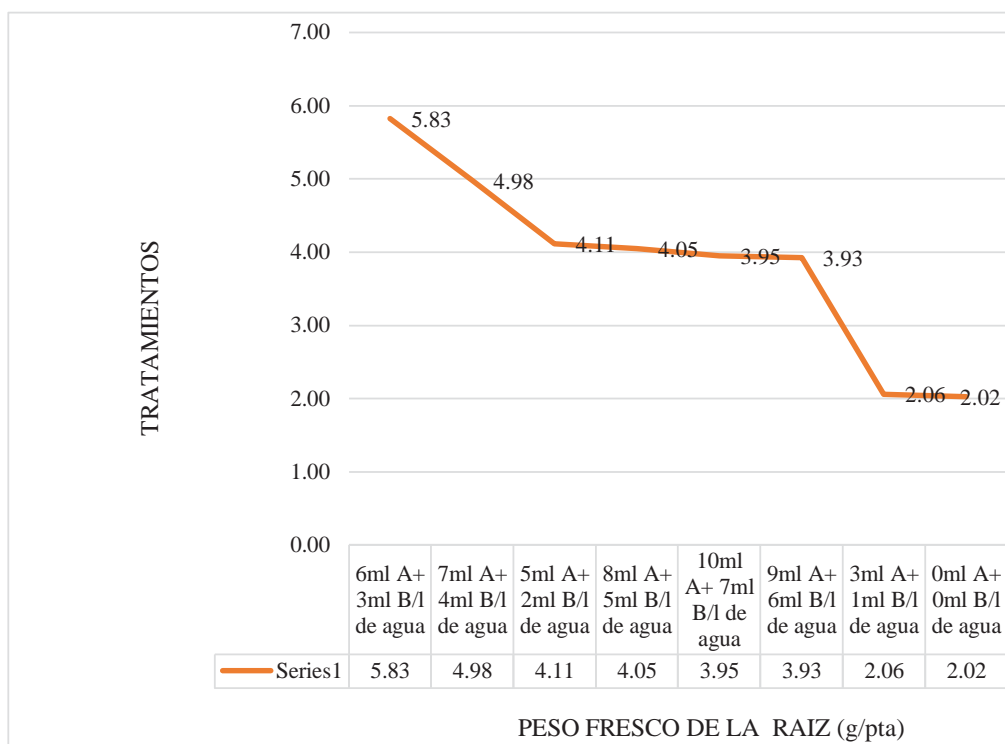
Para peso fresco de raíz, el tratamiento de 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua con 5.83 g/planta (0.9567 tn/ha) es superior a los demás tratamientos. En segundo grupo el tratamiento 7ml A+ 4ml B/l de agua es superior a los demás tratamientos e inferior al

tratamiento 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua, en tercer grupo los tratamientos 5ml A+ 2ml B/l de agua con 4.11 (0.6745 tn/ha), 8 ml A+ 5ml B/l de agua con 4.05 (0.6646 tn/ha), 10ml A+ 7ml B/l de agua con 3.95 (0.6482 tn/ha) y 9ml A+ 6ml B/l de agua con 3.93 (0.6449 tn/ha) son estadísticamente iguales entre sí, a su vez son superiores a los tratamientos 3ml A+ 1ml B/l de agua y 0ml A+ 0ml B/l de agua, ocupando en último lugar el tratamiento 0ml A+ 0ml B/l de agua con solo 2.02 g/planta (0.3315 tn/ha). Esta superioridad se debe a la alta concentración de dosis de elementos esenciales en las soluciones nutritivas A y B, que fueron aprovechada peso fresco de raíz por las plantas al estar en contacto con la gran parte del sistema radicular, más no así en la dosis 0 (cero) que solamente se agregó agua sin nutrientes. Ver gráfico N° 02.

Según Cisneros, J. (2014). En su trabajo de investigación de lechuga la variedad White Boston, obtuvo un resultado en peso fresco de la raíz 3.48 g/planta, con un tratamiento de 4 ml de solución B/l de agua, siendo esta inferior a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, utilizando solo micronutrientes (solución nutritiva B requerido en menor cantidad), pero en diferentes condiciones de campo y técnica de cultivo.

Según Castilla, A. (2016). En su trabajo de investigación de lechuga, la variedad White Boston, obtuvo un resultado en peso fresco de la raíz 4.625 g/planta con un tratamiento de 5 ml de solución A + 2 ml de solución B/l de agua, siendo esta inferior a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, utilizando las mismas soluciones de macro y micronutrientes, pero en diferentes condiciones de campo y técnica de cultivo (cultivo vertical en invernadero).

Gráfico 02: Peso fresco de la raíz (g/planta) para tratamientos



Cuadro N° 12
Diámetro del cogollo (cm)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
0 ml A+ 0 ml B/1 de agua	18.00	17.80	17.80	18.20	71.80	17.95
3 ml A+ 1 ml B/1 de agua	20.00	21.00	20.00	18.40	79.40	19.85
5 ml A+ 2 ml B/1 de agua	25.00	24.80	24.80	25.00	99.60	24.90
6 ml A+ 3 ml B/1 de agua	25.80	25.80	26.10	26.00	103.70	25.93
7 ml A+ 4 ml B/1 de agua	25.30	25.30	25.00	24.90	100.50	25.13
8 ml A+ 5 ml B/1 de agua	24.58	24.00	24.20	25.00	97.78	24.45
9 ml A+ 6 ml B/1 de agua	24.68	25.00	24.80	24.65	99.13	24.78
10 ml A+ 7 ml B/1 de agua	22.50	21.80	22.30	22.40	89.00	22.25
Sumatoria	185.86	185.50	185.00	184.55	740.91	23.15

Datos obtenidos en el campo (elaboración propia)

En el cuadro N° 12 para diámetro de cogollo (cm), en la actualidad se obtuvo un promedio total de 23.15 cm.

Cuadro N° 13
ANVA para Diámetro del cogollo (cm)

<i>F. de V.</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i>		<i>SIG.</i>
					5 %	1 %	
Bloques	3	0.12313	0.04104	0.18569	0.07100	0.02325	NS. NS.
Tratamiento	7	230.98295	32.99756	149.28320	2.49000	3.64000	* *
Error	21	4.64184	0.22104				
Total	31	235.74792	CV =	2.03 %			

En el ANVA (Cuadro N° 13) para diámetro del cogollo, se desprende que no existe diferencia estadística entre bloques, lo que indica que las repeticiones fueron adecuadamente distribuidas dentro del campo experimental. Pero sí existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo que refleja que el efecto de la dosis de soluciones nutritivas fue diferente en el comportamiento de diámetro del cogollo. Siendo el coeficiente de variabilidad de 2.03 %, lo cual refleja que los análisis de resultados de la investigación están dentro del margen de confiabilidad estadística.

Cuadro N° 14
Prueba Tukey para Diámetro del cogollo (cm)

<i>N° de Orden</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>Diámetro del cogollo (cm)</i>	<i>Significancia</i>	
			5%	1%
I	6 ml A+ 3 ml B/l de agua	25.93	a	a
II	7 ml A+ 4 ml B/l de agua	25.13	a b	a b
III	5 ml A+ 2 ml B/l de agua	24.90	a b	a b
IV	9 ml A+ 6 ml B/l de agua	24.78	b	a b
V	8 ml A+ 5 ml B/l de agua	24.45	b	b
VI	10 ml A+ 7 ml B/l de agua	22.25	c	c
VII	3 ml A+ 1 ml B/l de agua	19.85	d	d
VIII	0 ml A+ 0 ml B/l de agua	17.95	e	e

En la prueba comparativo de Tukey (Cuadro N° 14) considerando al 99 % de confianza se tiene:

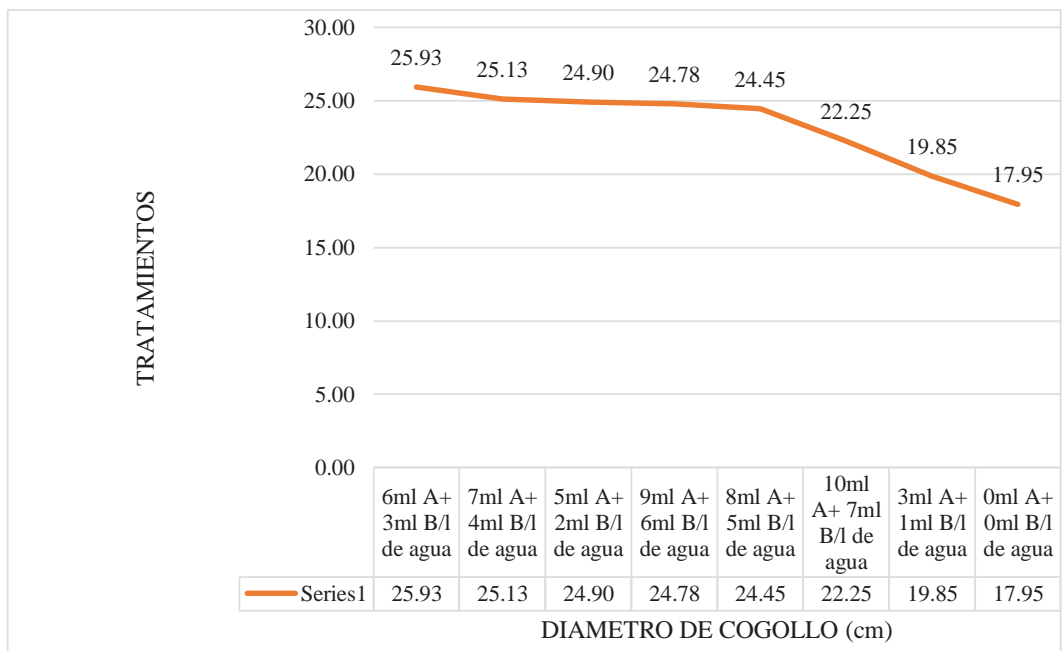
Para diámetro de cogollo, el tratamiento de 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua con 25.93 (cm) es superior a los demás tratamientos. En segundo grupo el tratamiento 7 ml A+ 4 ml B/l de agua, 5 ml A+ 2 ml B/l de agua, 9 ml A+ 6 ml B/l de agua y 8 ml A+ 5 ml B/l

de agua, son estadísticamente iguales entre sí, a su vez son superiores a los tratamientos 10 ml A+ 7 ml B/l de agua, 3 ml A+ 1 ml B/l de agua y 0 ml A+ 0 ml B/l de agua e inferior al tratamiento 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua, ocupando en último lugar el tratamiento 0 ml A+ 0 ml B/l de agua con solo 17.95 cm. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos esenciales en las soluciones nutritivas A y B aplicados a mayores dosis, que fueron eficientemente aprovechados por las plantas al estar en contacto con la gran parte del sistema radicular, más no así en la dosis 0 (cero) que solamente se agregó agua sin nutrientes. Ver gráfico N° 03.

Según Cisneros, J. (2014). En su trabajo de investigación de lechuga la variedad White Boston, obtuvo un resultado en diámetro de cogollo 26.917 cm, con un tratamiento de 4 ml de solución B/l de agua, siendo esta superior a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, utilizando solo micronutrientes (solución B), pero en diferentes condiciones de campo y técnica de cultivo.

Según Castilla, A. (2016). En su trabajo de investigación de lechuga, la variedad White Boston, obtuvo un resultado en diámetro de cogollo 21.53 cm con un tratamiento de 5 ml de solución A + 2 ml de solución B/l de agua, siendo esta inferior a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, utilizando las mismas soluciones de macro y micronutrientes, pero en diferentes condiciones de campo y técnica de cultivo (cultivo vertical en invernadero).

Gráfico 03: Diámetro de cogollo (cm) para tratamientos



Cuadro N° 15
 Altura de planta (cm)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
0 ml A+ 0 ml B/l de agua	17.40	16.90	17.50	17.80	69.60	17.40
3 ml A+ 1 ml B/l de agua	21.00	21.10	20.80	21.00	83.90	20.98
5 ml A+ 2 ml B/l de agua	25.10	25.00	25.10	24.90	100.10	25.03
6 ml A+ 3 ml B/l de agua	25.60	25.60	25.80	25.60	102.60	25.65
7 ml A+ 4 ml B/l de agua	25.60	24.90	25.20	24.80	100.50	25.13
8 ml A+ 5 ml B/l de agua	25.00	24.80	25.10	25.00	99.90	24.98
9 ml A+ 6 ml B/l de agua	24.40	24.80	24.70	25.10	99.00	24.75
10 ml A+ 7 ml B/l de agua	24.30	24.00	24.20	24.30	96.80	24.20
Sumatoria	188.40	187.10	188.40	188.50	752.40	23.51

Datos obtenidos en el campo (elaboración propia)

En el cuadro N° 15 para altura de planta (cm), en la actualidad se obtuvo un promedio total de 23.51 cm.

Cuadro N° 16
 ANVA para Altura de planta (cm)

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		SIG.
					5 %	1 %	
							NS.
Bloques	3	0.16750	0.05583	1.06349	3.07000	4.87000	NS.
Tratamiento	7	229.60500	32.80071	624.77551	2.49000	3.64000	* *
Error	21	1.10250	0.05250				
Total	31	230.87500	CV = 0.97 %				

En el ANVA (Cuadro N° 16) para altura de planta, se desprende que no existe diferencia estadística entre bloques, lo que indica que las repeticiones fueron adecuadamente distribuidas dentro del campo experimental. Pero sí existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo que refleja que el efecto de las dosis de soluciones nutritivas fue diferente en el comportamiento de altura de planta. Siendo el coeficiente de variabilidad de 0.97 %, lo cual refleja que los análisis de resultados de la investigación están dentro del margen de confiabilidad estadística.

Cuadro N° 17
Prueba Tukey para Altura de planta (cm)

<i>N° de Orden</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>Altura de planta (cm)</i>	<i>Significancia</i>	
			<i>5 %</i>	<i>1 %</i>
I	6 ml A+ 3 ml B/l de agua	25.65	a	a
II	7 ml A+ 4 ml B/l de agua	25.13	a b	a b
III	5 ml A+ 2 ml B/l de agua	25.03	b	a b
IV	8 ml A+ 5 ml B/l de agua	24.98	b	b
V	9 ml A+ 6 ml B/l de agua	24.75	b	b c
VI	10 ml A+ 7 ml B/l de agu	24.20	c	c
VII	3 ml A+ 1 ml B/l de agua	20.98	d	d
VIII	0 ml A+ 0 ml B/l de agua	17.40	e	e

En la prueba comparativo de Tukey (Cuadro N° 17) considerando al 99 % de confianza se tiene:

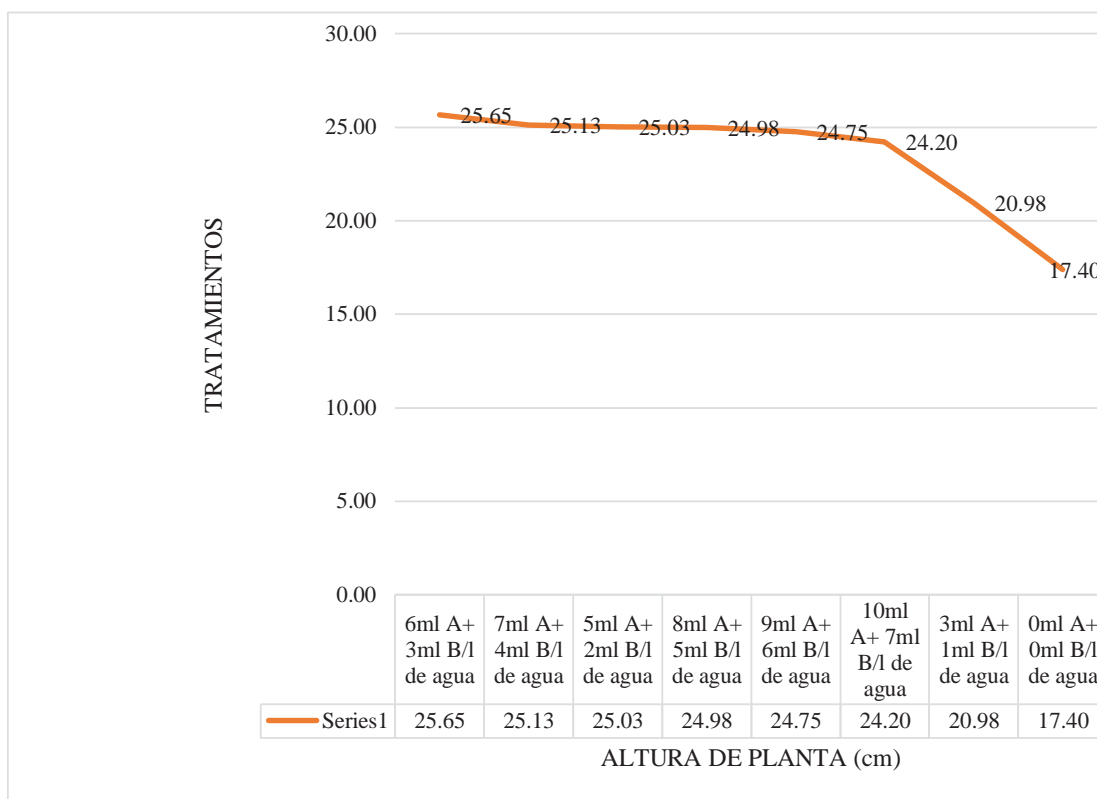
Para altura de planta, el tratamiento de 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua con 25.65 (cm) es superior a los demás tratamientos. En segundo grupo el tratamiento 7ml A+ 4ml B/l de agua, 5 ml A+ 2 ml B/l de agua, 8 ml A+ 5 ml B/l de agua, 9 ml A+ 6 ml B/l de agua y 10 ml A+ 7 ml B/l de agua son estadísticamente iguales entre sí, a su vez son superiores a los tratamientos 3 ml A+ 1 ml B/l de agua y 0 ml A+ 0 ml B/l de agua e inferior al tratamiento 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua, ocupando en último lugar el tratamiento 0 ml A+ 0 ml B/l de agua con solo 17.40 cm. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos esenciales en las soluciones nutritivas A y B aplicados a mayores dosis y recomendadas por la UNA La Molina, que fueron eficientemente aprovechados por las plantas al estar en contacto con la gran parte del sistema radicular, más no así en la dosis 0 (cero) que solamente se agregó agua sin nutrientes en la solución. Ver gráfico N° 04.

Según Cisneros, J. (2014). En su trabajo de investigación de lechuga la variedad White Boston, obtuvo un resultado en altura de planta 20.625 cm, con un tratamiento de 4 ml de solución B/l de agua, siendo esta inferior a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, utilizando solo micronutrientes (solución B), pero en diferentes condiciones de campo y técnica de cultivo.

Según Castilla, A. (2016). En su trabajo de investigación de lechuga, la variedad White Boston, obtuvo un resultado en altura de planta 15.27 cm con un tratamiento de 5 ml de solución A +

2 ml de solución B/l de agua, siendo esta inferior a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, utilizando las mismas soluciones de macro y micronutrientes, pero en diferentes condiciones de campo y técnica de cultivo (cultivo vertical en invernadero).

Gráfico 04: Altura de planta (cm) para tratamiento.



Cuadro N° 18

Longitud de raíz (cm)

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
0 ml A+ 0 ml B/l de agua	9.00	8.80	8.80	9.10	35.70	8.93
3 ml A+ 1 ml B/l de agua	8.80	8.70	8.70	8.80	35.00	8.75
5 ml A+ 2 ml B/l de agua	11.80	11.78	11.85	12.00	47.43	11.86
6 ml A+ 3 ml B/l de agua	12.00	11.90	12.00	12.10	48.00	12.00
7 ml A+ 4 ml B/l de agua	12.00	12.10	11.90	11.80	47.80	11.95
8 ml A+ 5 ml B/l de agua	11.75	11.80	11.70	11.65	46.90	11.73
9 ml A+ 6 ml B/l de agua	11.70	11.70	11.65	11.70	46.75	11.69
10 ml A+ 7 ml B/l de agua	11.50	11.45	11.50	11.40	45.85	11.46
Sumatoria	88.55	88.23	88.10	88.55	353.43	11.04

Datos obtenidos en el campo (elaboración propia)

En el cuadro N° 18 para longitud de raíz (cm), en la actualidad se obtuvo un promedio total de 11.04 cm.

Cuadro N° 19
ANVA para Longitud de raíz (cm)

<i>F. de V.</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>Ft</i>		<i>SIG.</i>
					5 %	1 %	
Bloques	3	0.01958	0.00653	0.76655	0.07100	0.02325	NS. NS.
Tratamiento	7	52.80857	7.54408	885.84859	2.49000	3.64000	* *
Error	21	0.17884	0.00852				
Total	31	53.00700	CV = 0.84 %				

En el ANVA (Cuadro N° 19) para longitud de raíz, se desprende que no existe diferencia estadística entre bloques, lo que indica que las repeticiones fueron adecuadamente distribuidas dentro del campo experimental. Pero sí existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo que refleja que el efecto de la dosis de soluciones nutritivas fue diferente en el comportamiento de longitud de raíz. Siendo el coeficiente de variabilidad de 0.84 %, lo cual refleja que los análisis de resultados de la investigación están dentro del margen de confiabilidad estadística.

Cuadro N° 20
Prueba Tukey para Longitud de raíz (cm)

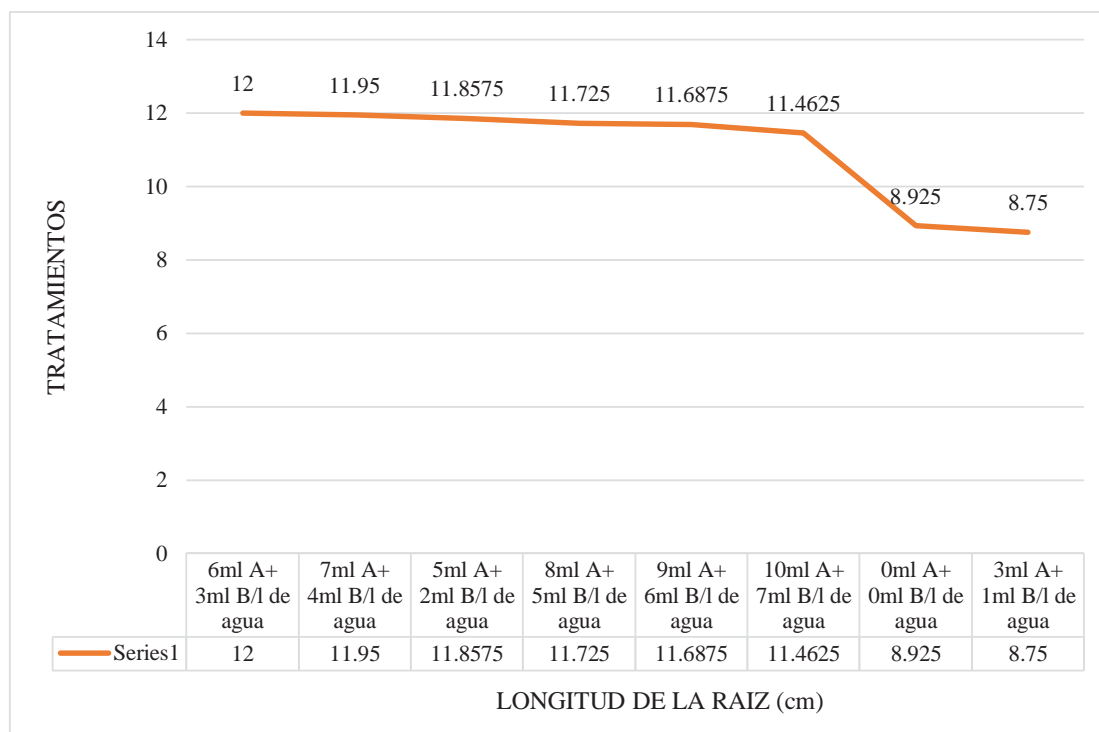
<i>N° de Orden</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>Longitud de raíz (cm)</i>	<i>Significancia</i>	
			5 %	1 %
I	6 ml A+ 3 ml B/l de agua	12.00	a	a
II	7 ml A+ 4 ml B/l de agua	11.95	a b	a b
III	5 ml A+ 2 ml B/l de agua	11.86	a b c	a b
IV	8 ml A+ 5 ml B/l de agua	11.73	b c	a b c
V	9 ml A+ 6 ml B/l de agua	11.69	c	b c
VI	10 ml A+ 7 ml B/l de agua	11.46	d	c
VII	0 ml A+ 0 ml B/l de agua	8.93	e	d
VIII	3 ml A+ 1 ml B/l de agua	8.75	e	d

En la prueba comparativo de Tukey (Cuadro N° 20) considerando al 99 % de confianza se tiene:

Para longitud de raíz, el tratamiento de 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua con 12.00 (cm) es superior a los demás tratamientos. En segundo grupo el tratamiento 7 ml A+ 4 ml B/l de agua, 5 ml A+ 2 ml B/l de agua, 8 ml A+ 5 ml B/l de agua, 9 ml A+ 6 ml B/l de agua y 10 ml A+ 7 ml B/l de agua son estadísticamente iguales entre sí, a su vez son superiores a los tratamientos 0 ml A+ 0 ml B/l de agua y 3 ml A+ 1 ml B/l de agua e inferior al tratamiento 6 ml de solución A+ 3 ml de solución B/l de agua, ocupando en último lugar el tratamiento 3 ml A+ 1 ml B/l de agua con solo 8.75 cm. Esta superioridad se debe a la concentración de elementos esenciales en las soluciones nutritivas A y B aplicados a mayores dosis y así también la recomendada por la UNA La Molina, que fueron eficientemente aprovechados por las plantas al estar en contacto directo con la gran parte del sistema radicular, más no así con las dosis más bajas cuyos sus efectos no fueron las más adecuadas. Ver gráfico N° 05.

Según Cisneros, J. (2014). En su trabajo de investigación de lechuga, la variedad White Boston obtuvo un resultado en longitud de la raíz 13.515 cm, con un tratamiento de 4 ml de solución B/l de agua, siendo esta superior a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, utilizando solo micronutrientes (solución B), pero en diferentes condiciones de campo y técnica de cultivo.

Gráfico 05: Longitud de raíz (cm) para tratamientos.



VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

7.1. Conclusiones

En la evaluación de variables mediante el análisis de ANVA para la fuente de variancia para dosis, se muestra que existe significancia al 99 % de confianza, lo que indica que presentara diferente rendimiento si se fertiliza cualquiera de las dosis planteadas en el presente trabajo de investigación.

De acuerdo a los objetivos planteados se concluye.

1) Para rendimiento:

- ✓ Con el tratamiento 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/l de agua, la variedad White Boston obtuvo el mejor resultado con respecto a peso fresco del cogollo consiguiendo 957.50 g/planta (157.13 tn/ha) siendo superior frente a los demás tratamientos, sin embargo, con el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/l de agua se obtuvo como resultado tan solo 603.75 g/planta (99.08 tn/ha).
- ✓ Con el tratamiento 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/l de agua la variedad White Boston obtuvo el mejor resultado con respecto a peso fresco de la raíz consiguiendo 5.83 g/planta (0.9567 tn/ha), siendo superior frente a los demás tratamientos, sin embargo, el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/l de agua obtuvo como resultado tan solo 2.02 g/planta (0.3315 tn/ha).

2) Para comportamiento agronómico:

- ✓ Con el tratamiento de 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/l de agua la variedad White Boston obtuvo el mejor resultado con respecto a diámetro de cogollo con 25.93 cm, superior a los demás tratamientos, quedando como último lugar el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/l de agua tan solo con 17.95 cm.
- ✓ Con el tratamiento de 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/l de agua la variedad White Boston obtuvo un mejor resultado con respecto a altura de planta 25.65 cm, superior a los demás tratamientos, quedando como último lugar el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/l de agua tan solo con 17.40 cm.

- ✓ Con el tratamiento 6 ml de solución A + 3 ml de solución B/l de agua la variedad White Boston obtuvo un mejor resultado con respecto a longitud de raíz con 12.00 cm, superior a los demás tratamientos, quedando como último lugar el tratamiento 0 ml de solución A+ 0 ml de solución B/l de agua con tan solo 8.75 cm.

7.2. Sugerencias

- ✓ Realizar experimentos de cultivo acolchado de lechuga con otras variedades más comerciales en la zona.
- ✓ Realizar trabajos de investigación en diferentes ámbitos de nuestra provincia del Cusco para ver la rentabilidad que te ofrece esta técnica como es el acolchado.
- ✓ Realizar campañas de extensión, mediante la instalación de cultivos en acolchados con la finalidad de producir en mayor cantidad y de mejor calidad.
- ✓ Realizar trabajos de acolchado con plástico color blanco, porque nos permite controlar las malezas y presenta una mayor duración de hasta tres años.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alejandra Sierra, Eric Simonne y Danielle Treadwell. Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas: Publicación #HS1102. Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extensión, Gainesville, 32611 (1° Ed) julio de 2007. Revisado agosto de 2013. Recuperado de <http://edis.ifas.ufl.edu/hs356>
2. Alvarado et al. (2001). Seminario de Agronegocios: Lechugas hidropónicas. Universidad del Pacífico.
3. Carrasco y Sandoval (2016). Manual práctico de cultivo de lechuga Ediciones Mundi- Prensa. Madrid – España.
4. Casseres, E. (1996). Producción de hortalizas. Instituto de Ciencias Agrarias de la OEA – Lima – Perú.
5. Castilla Callapiña, Alfredo. (2016). Tesis de FCA – UNSAAC. Efecto de soluciones nutritivas por fertirriego en la producción de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) mediante cultivo vertical en invernadero K'ayra – Cusco.
6. Cerda, A. (1993). Solución nutritiva. Principios básicos: Comportamiento e interacciones de los distintos elementos.
7. Choque Ramos, Carlota (1984). Tesis de FAZ – UNSAAC. Fertilización en lechuga (*Lactuca sativa*). Tesis de FAZ- UNSAAC. Cusco- Perú.
8. Cisneros Panti, Joel Edwin (2014). Efecto de dosis de micronutrientes en la producción orgánica de variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en condiciones de invernadero - K'ayra – Cusco. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UNSAAC.
9. Cronquist, A. (1979). Clasificación taxonómica de plantas cultivadas.
10. De Reijck Y Schrevens (1998). Manejo de solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Nutrient Solution Management in the Hydroponic Production of Tomato
11. Diaz Gonzales, Carlos Y Belarmino Santos Coello (2012). Información técnica de acolchado plástico.
12. Douglas Zevallos, S.M.D. (1985). Manual de horticultura para el Perú. Editorial Manier. Barcelona – España.
13. Dueñas Menacho, Andrés (1965). Ensayo de fórmulas de abonamiento en el cultivo de la lechuga Var. White Boston. Tesis UNSAAC. Cusco - Perú.

14. Eroski (2005). Manual de producción de lechuga.
15. Farfan Carazas, Pedro Eberth (1998). Producción intensiva de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en bandejas. Tesis FAZ-UNSAAC. Cusco- Perú.
16. Fernandez Hermoza, Daniel (1985). Apuntes de edafología I y II. UNSAAC. Cusco - Perú.
17. García Elmore, A. (1995). Agro enfoque. Revista para el Desarrollo Agropecuario Agroindustrial. Lima – Perú. Año X.
18. Giaconi y Escaff. (1995). Cultivo de hortalizas. 11va. edición. Santiago, Universitaria.
19. Gordon, H. (1992). Descripción botánica del cultivo de la lechuga. (22 de Marzo del 2011).
20. Guerrero, B. J. (1993). Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Edición Re de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos. RAAA. Lima – Perú.
21. GUTIERRES et al. (2003). Información técnica económica agraria. Vol. 107.
22. Gutiérrez Queupil Jennifer Guillermina (2011). Tesis Comportamiento de tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.), evaluados al aire libre, en Valdivia. Valdivia – Chile
23. Halsuet & Miñambres (2005). La lechuga manual ara su cultivo en agricultura ecológica. Navarra: Bio Lur Navarra.
24. Haword, R. (2005). Cultivo hidropónico. México: Mundi – Prensa.
25. Hernández, E. (2014). Comparativo de características de acolchado dependiendo el color de material de plástico.
26. Infoagro, Es. (2002). El cultivo de la lechuga (en línea). España. Consultado 17 mar. 2002. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
27. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente - IDMA. (1993). La Lombricultura. Programa de Desarrollo de Lurín. Lima – Perú.
28. Izquierdo, J. (2003). Manual técnico de hidroponía popular. Santiago Chile: FAO.
29. Japón Quintero, José (1977). Agente de Extensión Agraria, Ministerio de Agricultura, Publicaciones de Extensión Agraria Bravo Murillo. Madrid.
30. Jara, E. & Suni, M. (1999). Evaluación de soluciones nutritivas para el cultivo hidropónico de fresa fragaria.

31. Jimenez Jimenez, Maria Luisa (2010). Manual instructivo, alternativas productivas en cultivos hidropónicos - Sector Caribe Norte de Costa Rica.
32. Lamont (1993). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas.
33. Latorre, B. (1995). Enfermedades de las plantas cultivadas. 2da edición. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.
34. López, M. (1994). Horticultura. México.
35. Manuales Para Educacion Agropecuaria (1986). Horticultura. Área de Producción Vegetal. Editorial Trillas. México.
36. Maroto, N. (1986). Horticultura herbácea especial. 2da. edición. Mundo - Prensa. Madrid.
37. Marulanda, C. (1992). La hidroponía popular. Investigación y Progreso Agropecuario. La Platina. Chile.
38. Melendez Gloria y Soto Gabriela (2003). Taller de abonos Orgánicos El proyecto NOS del CATIE/GTZ, el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos
39. Mercado M, Willian (1970). Abonamiento foliar en el cultivo de la lechuga Var. White Boston en K'ayra. Tesis de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú.
40. Monteagudo E., Juan C. (1976). Apuntes de horticultura. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú.
41. Namesny, A. (1993). La lechuga manual para su cultivo en agricultura ecológica.
42. Navarro Garcia, Gines (2000). Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Grupo Mundi – Prensa. Madrid – Barcelona- México.
43. Nichol Petrell, Olga Lissett (2017). Tesis titulada niveles de salinidad del agua de riego en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L. Var. Longifolia) en suelo arenoso Lima - Perú.
44. Ospina, Julio y Cia (1995). Hortalizas en: Producción Agrícola II. Enciclopedia agropecuaria Terranova. Terranova editores. Santa Fe de Bogotá – Colombia.
45. Pereda Gil Yulisa Raquel (2015). Tesis “Evaluación del rendimiento de tres cultivares de *Lactuca sativa* L. en sistema hidropónico a raíz flotante en Santiago de Chuco, La Libertad”.

46. Ramos, F. (2014). Acolchado plástico. Ventajas y desventajas del uso de material plástico.
47. Rodríguez Delfín Alfredo, Hoyos Rojas Marilú, Chang La Rosa Milagros (2001). Soluciones nutritivas en hidroponía. UNA La Molina. Lima – Perú.
48. Saavedra Del R. Gabriel, Corradini S. Fabio, Antúnez B. Alejandro, Felmer E. Sofía, Estay P. Patricia y Sepúlveda R. Paulina (2017). Manual de producción de lechuga. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA – INDAP Santiago – Chile.
49. Sánchez, C. (2004). Cultivo y comercialización de lechuga.
50. Serrano Cermeño, Zoilo (1979). Cultivo de hortalizas en invernaderos. Editorial AEDOS. Barcelona- España.
51. Soria Orihuela, Marco Antonio (2012). Estudio de mercado de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) en la Provincia Cusco. Tesis FAZ – UNSAAC. Cusco – Perú.
52. Tamaro, D. (1968). Manual de horticultura (6ta. Ed) Gustavo Phili. Barcelona – España.
53. Tapia, M. (1993). Cultivos hidropónicos. In: Barriga, P. y Neira, M. cultivos no tradicionales. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile.
54. Toovey F. W. et al. (1977). Producción comercial de hortalizas en invernadero. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
55. Turney y Menge (1994). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas
56. Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM “Centro De Investigación De Hidroponía Y Nutrición Mineral” (1998). Hidroponía una esperanza para Latinoamérica.
57. Valencia, A. (1999). Cultivo de hortalizas de hoja: Coliflor y Lechuga INIA 147.
58. Valencia, Armando (1995). Cultivo de hortalizas de hoja: Coliflor y Lechuga.
59. Vargas Aguilar Felpe Santiago (1997). Evaluación de cuatro sustratos en el cultivo asociado de acelga y lechuga en Fito toldos. Tesis de Ingeniería Agronómica. Cusco.
60. Villagarcia, Sven y Aguirre (1994). Manual de uso de Fertilizantes. UNALM- Lima- Perú.

61. Vitorino Flores, Braulio (2010). Fertilidad de suelos y abonamiento. Con énfasis en la nutrición orgánica sustentable de las plantas cultivadas. Texto Universitario. Ka'yra- Cusco- Perú.
62. Vitorino Florez, Braulio (1993). Lombricultura práctica. UNSAAC – K'ayra. Cusco – Perú.
63. Volosky (1974). Hortalizas: cultivo y producción en Chile. Santiago, Universidad de Chile.
64. Yanque Paz, David Ubaldo (1992). Comparativo de tres abonos foliares en el cultivo de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. FAZ- UNSAAC. Cusco- Perú.
65. Zapater, J. y Calderón, C. (1992). Resumen de exposiciones del curso de fertilización orgánica. CHIVAY – AREQUIPA – PERU.
66. Zapp, J. (1991). Cultivo sin tierra. La hidroponía popular, una obsesión para la superación de la pobreza.
67. Zirena, J. (2002). Elementos plásticos y oligoelementos. Universidad Técnica de Cajamarca. Cajamarca – Perú.
68. Alvarado Valenzuela Pablo, Castillo Gutiérrez Haydee (2003). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno.
69. Álvarez Álvarez Ángela María, Taborda Día Diana Patricia, Velásquez Fernández Sergio (2016). Modelo Tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño.
70. Ricardo Lardizabal & Salvador Arias (2009). Manual de Producción de Lechuga MCA-Honduras / EDA.

ANEXOS

ANEXO 01: Análisis de rentabilidad

En el presente trabajo de investigación se hizo con fines de rentabilidad para 78 m² tubo los siguientes resultados:

Cantidad de plantas.....1280

Peso promedio (kg/planta)0.9575

Numero de cosechas al año.....4 – 5

Entonces:

1280 x 5 cosechas = 6400 plantas/año

Costo por planta (S/.).....**0.6**

6400 x 0.6 = 3840

Ingreso 3840.00 nuevos soles/año.

Cuadro N° 21

Flujo de caja para 4 años

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
EGRESOS S/.				
Infraestructura	300.00	0.00	0.00	0.00
Instalación del acolchado	800.00	800.00	800.00	800.00
Mano de obra	500.00	500.00	500.00	500.00
Otros	100.00	200.00	200.00	200.00
Total de egresos	1700.00	1500.00	1500.00	1500.00
INGRESOS S/.				
Venta de lechuga	3840.00	3840.00	3840.00	3840.00
Total ingresos	3840.00	3840.00	3840.00	3840.00
Ingreso neto S/.	2140.00	2340.00	2340.00	2340.00

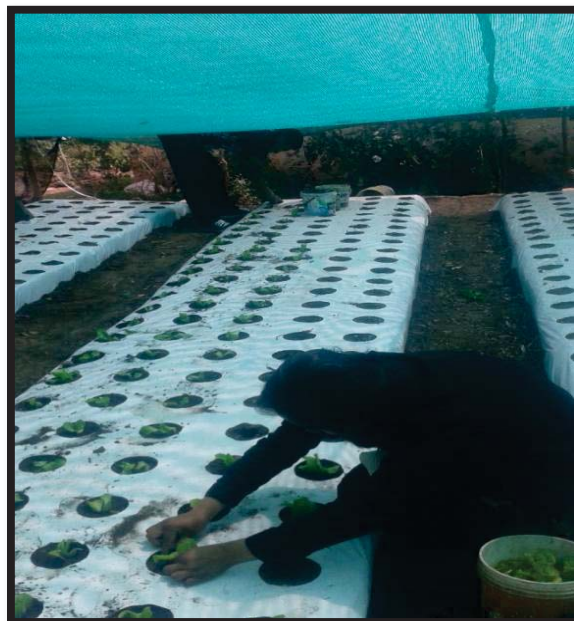
Datos obtenidos en el campo (elaboración propia).

ANEXO N° 02: Galería de fotografías.

Fotografía 17. Mostrando soluciones hidropónicas La Molina.



Fotografía 18. Realizando en trasplante del cultivo de la lechuga



Fotografía N° 19. Cultivo acolchado de lechuga en pleno crecimiento y desarrollo.



Fotografía N° 20. Presenciando el corte de la lechuga para su respectivo peso.



**Fotografía N° 21. Presenciando las cinco variables de evaluación
peso fresco del cogollo**



peso fresco de la raíz



Diámetro de cogollo



Altura de planta



Profundidad de la raíz



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- APARTADO POSTAL
N° 921 - Cusco - Perú
- FAX: 238156 - 238173 - 222512
- RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398
- CIUDAD UNIVERSITARIA
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226
- CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210
243835 - 243836 - 243837 - 243838
- LOCAL CENTRAL
Plaza de Armas s/n
Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015
- MUSEO INKA
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
- CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
- COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"
Av. De la Cultura N° 721
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS (CISA)
LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS

TIPO DE ANALISIS : FERTILIDAD Y MECANICO

PROCEDENCIA DE MUESTRA : POTRERO C-5 C.A. K'AYRA, SAN JERONIMO, CUSCO - CUSCO

INSTITUCION SOLICITANTE : EDITH TANIA MOLLEHUANCA UÑAPILLCO

ANALISIS DE FERTILIDAD :

Nº	CLAVE	mmhos/cm C.E.	pH	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P ₂ O ₅	ppm K ₂ O
01	POTRERO C-5	0.64	7.40	6.87	0.34	35.7	262

ANALISIS DE CARACTERIZACION :

No	CLAVE	meq/100 AL+++	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE-TEXTURAL
01	POTRERO C-5	--	17	73	10	FRANCO-LIMOSO

CUSCO-K'AYRA, 23 DE MARZO DEL 2017.

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
Centro de Producción de Bienes y Prestación de Servicios - K'ayra

Ing. Mgr. Arcadio Calderón Choquechambi

FAUSTO YAPURA CONDORI
ANALISTA EN SUELOS, AGUAS Y PLANTAS