

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE ABONAMIENTO ORGÁNICO LÍQUIDO AERÓBICO
(AOLA) BAJO RIEGO POR GOTEJO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica
oleracea*)**

Presentado por:

Adolfo Blanco Chura

**La Paz – Bolivia
2017**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE ABONAMIENTO ORGÁNICO LÍQUIDO AERÓBICO
(AOLA) BAJO RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica
oleracea*)**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo*

Adolfo Blanco Chura

Asesores:

Ing. PhD. Eduardo Chilon Camacho

Ing. MSc. Fanny Bertha Arragan Tancara

Tribunal Examinador:

Ing. MSc. Genaro Serrano Coronel

Ing. Esther Tinco Mamani

Ing. MSc. Wily Marco Flores Mancilla

Aprobado

Presidente tribunal Examinador

La Paz – Bolivia
2017

CONTENIDO GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	II
Índice General.....	III, IV
Índice de Cuadros.....	V
Índice de Figuras.....	VI
Índice de anexos.....	VII
Resumen.....	VIII
Summary	IX

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

FULGENCIO BLANCO VILLCA

JULIA CHURA DE BLANCO

Con todo mi amor y reconocimiento por sus múltiples esfuerzos.

A MIS HERMANOS:

JAVIER BLANCO CHURA

ANTONIA BLANCO CHURA

TEREZA ELSA BLANCO CHURA

RUBEN BLANCO CHURA

RAUL BLANCO CHURA

EDDY BLANCO CHURA

Por su apoyo económico y conocimiento.

A MIS AMIGOS:

En general

AGRADECIMIENTO

A MIS ASESORES:

Ing. PhD. Eduardo Chilon Camacho

Ing. MSc. Fanny Bertha Arragan Tancara

Por su valiosa tutoría durante la realización del presente investigación.

A MIS AMIGOS:

Por apoyo incondicional en conocimiento y critica que me ayudaron a lograr esta investigación.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivo específico	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Caracterización del cultivo de brócoli: Origen	3
3.2. Clasificación taxonómica del brócoli	3
3.3. Importancia del cultivo de brócoli	4
3.3.1. Comercialización de brócoli	4
3.3.2. Producción del cultivo de brócoli en Bolivia	5
3.4. Requerimiento de cultivo de brócoli	6
3.4.1. Clima	6
3.4.2. Suelo y pH	6
3.4.3. Humedad	7
3.4.4. Respuestas a la salinidad.....	7
3.4.5. Agua	7
3.5. El riego por goteo	8
3.6. El fertiriego	9
3.6.1. Bomba de inyección	9
3.6.2. Inyectores Venturi.....	9
3.6.3. Inyección por succión	10
3.7. El abono orgánico líquido aeróbico (AOLA)	10
3.7.1. Proceso técnico de aolificación	11
3.7.2. Características de abono orgánico liquido aeróbico (AOLA)	11
3.7.3. Investigaciones del efecto de AOLA en cultivos	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1. Materiales.....	13
4.1.1. Localización	13
4.1.2. Clima	14
4.1.3. Suelos.....	14

4.1.4. Vegetación.....	14
4.1.5. Material de campo	14
4.1.6. Insumos	14
4.1.7. Material de gabinete	15
4.2. Métodos.....	15
4.2.1. Procedimiento experimental	15
4.2.1. Diseño experimental.....	21
4.2.2. Croquis experimental.....	22
4.2.3. Variables de respuesta	23
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
5.1. Efecto de tres niveles de AOLA en riego por goteo sobre el comportamiento agronómico del brócoli	25
5.1.1. Altura de planta	25
5.1.2. Número de hojas al momento de la aparición de la pella	27
5.1.3. Diámetro del tallo principal.....	28
5.1.4. Días a la aparición de la pella	30
5.2. Efecto de tres niveles de AOLA en riego por goteo sobre el rendimiento del cultivo de brócoli	32
5.2.1. Peso de la pella	32
5.2.2. Rendimiento del cultivo de brócoli	33
5.3. Caracterización del abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) utilizado	35
5.4. Caracterización del suelo	36
5.4.1. Propiedades físicas de suelo	36
5.4.2. Propiedades químicas del suelo	37
5.5. Evaluación económica	38
5.5.1. Ingreso neto	38
5.5.2. Beneficio neto	38
5.5.3. Beneficio costo	39
6. CONCLUSIONES	40
7. RECOMENDACIONES	41
8. BIBLIOGRAFÍA	42

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de dos tipos de Abono orgánico líquido aeróbico (AOLA)	12
Cuadro 2. Niveles de concentración de AOLA	18
Cuadro 3. Tratamientos de aplicación de AOLA.....	21
Cuadro 4. Variables agronómicas	23
Cuadro 5. Variables de rendimiento	23
Cuadro 6. Variables del suelo	23
Cuadro 7. ANVA de la variable altura de la planta	25
Cuadro 8. ANVA para el variable número de hojas	27
Cuadro 9. ANVA Diámetro del tallo al momento de la cosecha.....	28
Cuadro 10. ANVA días a la formación de la pella	30
Cuadro 11. ANVA peso de la pella por planta.....	32
Cuadro 12. ANVA Rendimiento del cultivo de brócoli.....	34
Cuadro 13. Análisis de macronutrientes del abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) ..	35
Cuadro 14. Densidad aparente antes de la siembra y después de la cosecha	36
Cuadro 15. Porcentaje de porosidad antes de la siembra y después de la cosecha	37
Cuadro 16. Análisis de macronutrientes de suelos antes de la siembra y después de la siembra	37
Cuadro 17. Relación beneficio costo por tratamiento	38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exportaciones de brócoli de Guatemala durante 2002 - 2006	5
Figura 2. Esquema de instalación de un inyector Venturi	9
Figura 3. Esquema de instalación de un inyector por succión	10
Figura 4. Ubicación geográfica de la estación experimental de Patacamaya	13
Figura 5. Características de la variedad Di Cicco.....	15
Figura 6. Proceso de almácigo hasta el trasplante	16
Figura 7. Proceso de trasplante del cultivo de Brócoli.....	17
Figura 8. Proceso de instalación del sistema de riego por goteo.	18
Figura 9. Proceso de aplicación de AOLA	19
Figura 10. Desarrollo de la planta cada 15 días	20
Figura 11. Toma de datos del cultivo de Brócoli.....	20
Figura 12. Representa la distribución de las unidades experimentales.....	22
Figura 13. Efecto de tres niveles de AOLA sobre la altura de planta de brócoli	26
Figura 14. Comparación del efecto de AOLA en número de hojas al momento de la aparición de la pella	28
Figura 15. Comparación del diámetro del tallo al momento de la cosecha	29
Figura 16. Comparación del tiempo de aparición de la pella.	31
Figura 17. Comparación del peso de la pella por planta y en tres niveles de AOLA.....	33
Figura 18. Comparación del rendimiento por el efecto de los niveles de AOLA	34
Figura 19. Comparación de beneficio costo en los cuatro tratamientos	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Fotografías del cultivo desde el trasplante hasta la cosecha	B
Anexos 2. Análisis químico de Abono Orgánico Líquido Aeróbico (AOLA)	C
Anexos 3. Análisis químico de suelos antes de la siembra	D
Anexos 4. Análisis químico del suelo por tratamiento después de la cosecha	E
Anexos 5. Costos de producción por tratamiento	F

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental de Patacamaya, en la quinta sección de la Provincia Aroma del departamento de La Paz, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, en la gestión 2017.

El brócoli (*Brassica oleracea*), es una de las hortalizas que contiene cantidades significantes de nutrientes, vitaminas, proteínas y sales minerales de gran importancia para la salud ya que tiene efectos anticancerígenos.

Se evaluó el efecto de tres dosis de AOLA, donde se aplicó en riego por goteo, AOLA es un abono orgánico líquido aeróbico que se obtiene por transformación microbial con presencia del oxígeno, de sustratos pre-humificados caso del compost, humus de lombriz, estiércol fermentado y otros abonos orgánicos sólidos.

Para la investigación se evaluó al cultivo de brócoli variedad Di Cicco bajo ambientes controlados. Donde se usó un diseño completamente al azar (DCA), con 5 repeticiones y 4 tratamientos donde: (T1 es testigo, T2 10% de AOLA, T3 20% de AOLA, y T4 30% de AOLA). Con las siguientes variables de respuesta: altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, días a la formación de la pella, peso de la pella por planta, rendimiento del cultivo de brócoli, propiedades químicas y físicas del suelo y análisis económico.

De los resultados: la altura de planta con un nivel de AOLA al 20% alcanzo los promedios más altos con 84,8cm, número de hojas los que mejor resultaron fueron con los niveles de AOLA al 20% y 30% con promedios similares de 12 hojas por planta, diámetro del tallo fue mejor con la dosis de 30% de AOLA con promedio de 2,86 cm, para la variable días a la aparición de la pella resulto mejor con la dosis de 30% de AOLA donde aparecieron alrededor de 89,75 días.

Rendimiento y análisis económico: peso de pella por planta resultó con altos valores el T3 con un nivel de AOLA al 20% alcanzando alrededor de 168,89g, y el mismo tratamiento resultó mejor en rendimiento con promedio de 19046,92 kg ha⁻¹ y un beneficio costo de 1,92, seguido de T4 con 17910,69 kg ha⁻¹ y un beneficio costo de 1,78 lo que significa que todo lo invertido se recuperó y además hay una ganancia de 0,78 Bs.

SUMMARY

The research was carried out in the Experimental Station of Patacamaya, in the fifth section of the Aroma Province of the department of La Paz, belonging to the Faculty of Agronomy of the Universidad Mayor de San Andrés, in the 2017 management.

Broccoli (*Brassica oleracea*), is one of the vegetables that contains significant amounts of nutrients, vitamins, proteins and mineral salts of great importance for health since it has anti-carcinogenic effects.

The effect of three doses of AOLA was evaluated, where it was applied in drip irrigation, AOLA is an aerobic liquid organic fertilizer that is obtained by microbial transformation with the presence of oxygen, of pre-humified substrates, case of compost, earthworm humus, manure Fermented and other solid organic fertilizers.

For the investigation, Di Cicco variety broccoli cultivation was evaluated under controlled environments. Where a completely randomized design (DCA) was used, with 5 repetitions and 4 treatments where: (T1 is a witness, T2 10% of AOLA, T3 20% of AOLA, and T4 30% of AOLA). With the following response variables: plant height, number of leaves, stem diameter, days to pellet formation, pellet weight per plant, broccoli cultivation yield, chemical and physical properties of the soil and economic analysis.

From the results: the height of the plant with a level of AOLA at 20% reached the highest averages with 84.8cm, number of leaves the best results were with the 20% AOLA levels and 30% with similar averages of 12 leaves per plant, diameter of the stem was better with the dose of 30% of AOLA with average of 2.86 cm, for the variable days to the appearance of the pellet it was better with the dose of 30% of AOLA where they appeared around 89 75 days

Performance and economic analysis: pellet weight per plant resulted in high T3 values with a 20% AOLA level reaching around 168.89 g, and the same treatment resulted in better yield with an average of 19046.92 kg ha⁻¹ and a benefit cost of 1.92, followed by T4 with 17910.69 kg ha⁻¹ and a cost benefit of 1.78 which means that everything invested recovered and there is also a gain of 0.78 Bs.

1. INTRODUCCION

La propuesta del abonamiento orgánico líquido aeróbico, es un proceso importante por el cual los abonos orgánicos en su estado líquido son aplicados directamente al suelo y a la planta, mediante un riego localizado o aplicación foliar, con la finalidad de proporcionar nutrientes disponibles a los cultivos hortícolas para asegurar su producción, minimizando la mano de obra y la inversión en equipos e insumos.

El brócoli (*Brassica oleracea*), es una de las hortalizas que contiene cantidades significantes de nutrientes, vitaminas, proteínas y sales minerales de gran importancia para la salud, su cultivo se realiza bajo ambiente de campo abierto y en medios controlados, en los últimos años se ha intensificado por la falta de lluvias, las heladas y sequía, que se constituye en problemática para la producción de esta hortaliza por lo que es importante estudiarlas otras alternativas para combatir y adaptarnos a estos fenómenos climáticos que amenaza la seguridad alimentaria. Algunas de las formas son: mejorando la eficiencia de riego, el manejo de ambientes controlados, la implementación de las variedades resistentes, aplicación eficiente de abonos orgánicos para optimizar la producción y productividad de esta hortaliza y otras.

La propuesta de riego con el abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) surge como una alternativa orgánica frente al fertiriego, sin riesgo de contaminación al medio ambiente, mientras la fertirrigación con fertilizantes químicos no siempre asegura hacer frente la posible contaminación al suelo. El bioriego con AOLA es el método más racional para realizar un abonamiento óptimo, respetando al medioambiente y a los suelos agrícolas. Por otro lado el brócoli es una hortaliza de alto valor nutritivo, por encima incluso de la espinaca, siendo un alimento con alto contenido de antioxidantes y beta carotenos. Igualmente posee un elevado aporte de vitaminas A, B2 y C, con propiedades diuréticas y depuradoras de la sangre. En este contexto se propuso la presente investigación del uso de tres niveles de (AOLA) aplicando al suelo en la forma de riego por goteo en la producción de brócoli.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres niveles de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) con riego por goteo en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo condiciones controladas.

2.2. Objetivo específico

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de brócoli, bajo tres niveles de concentraciones de AOLA con riego por goteo y su efecto sobre el suelo.
- Determinar el nivel de concentración de AOLA más eficiente en el rendimiento del cultivo de brócoli.
- Realizar un análisis económico de la producción del cultivo de brócoli bajo los diferentes tratamientos en estudio.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Caracterización del cultivo de brócoli: Origen

Cásseres (1980), anota que el origen del brócoli es muy antiguo, pues hay referencias históricas sobre su cultivo antes de la Era Cristiana, las plantas silvestres fueron introducidas al Mediterráneo, Inglaterra, a las costas de Dinamarca así como también a Francia y España

Según Ogden (1992), el centro de origen más probable, es el área noreste del mediterráneo y luego fue introducido a Italia antes del Imperio Romano y posteriormente a otros países de Europa Occidental. La introducción a Inglaterra habría ocurrido después del 1700 y de allí habría sido llevado al este de los Estados Unidos, país en que las primeras descripciones datan de inicio del siglo XIX (1806).

Dillard, (2007), menciona que los italianos trajeron el brócoli a los Estados Unidos en 1806, pero fue en la década de 1920 cuando se volvió popular. La venta comercial del brócoli se originó con los hermanos Andrea y Estefano D'Arrigo, inmigrantes de Messina, Italia. Finalmente se extendió tanto en Bolivia y en todo el mundo en el siglo XIX en los años de 1950.

3.2. Clasificación taxonómica del brócoli

Valadez (1993), clasificación sistemática del brócoli es la siguiente:

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida (Dicotelidonea
Orden:	Capareles
Familia:	Brassicaceae
Género:	Brassica
Especie:	<i>Oleracea</i>
N. común:	brócoli

3.3. Importancia del cultivo de brócoli

Según Dillard, (2007), el brócoli, al igual que otros crucíferos, contiene los fitonutrientes llamados: índole y sulforaphane¹, los mismos que cuentan con grandes efectos anticancerígenos. Las investigaciones sobre el indole-3-carbinol muestran que este compuesto ayuda a desactivar un potente metabolito del estrógeno (4-hydroxyestron²) que promueve el crecimiento de tumores, sobre todo en las células de los senos, las cuales son especialmente sensibles al estrógeno, por otro lado incrementan el nivel 2hydroxyestron³, una forma de estrógeno que protege contra el cáncer. Así mismo indica que impide tumores como el cáncer de próstata, también tendría la habilidad de eliminar la bacteria helicobacter pylori (causa principal de las úlceras y la gastritis).

Lázaro (1982), menciona que el cultivo de brócoli tiene el mayor porcentaje contenido de vitamina C, que en las otras hortalizas, y también son llamadas coliflores de invierno porque son más rústicos y resistentes al frío.

Vallejos, (1995), indica que el cultivo de brócoli tiene propiedades que ayudan a combatir el desarrollo de los tumores cancerosos.

Unterladtatter, (2000), sostiene que el brócoli posee propiedades medicinales por su alto contenido en hierro y es muy recomendado para controlar la diabetes, actúa beneficiosamente sobre los riñones, vesículas e intestinos, además de fortalecer las defensas del organismo. Estudios recientes atribuyen al brócoli aptitudes anticancerígenos que contribuyen además a prevenir problemas prostáticos.

3.3.1. Comercialización de brócoli

Según datos de la Organización de Agricultura y Alimentos (FAO) el total de las exportaciones de broccoli en el año 2005 fueron: 946700 Toneladas Métricas (TM). Los

¹ Sulforaphane: compuesto químico que se encuentra en las pellas del brócoli

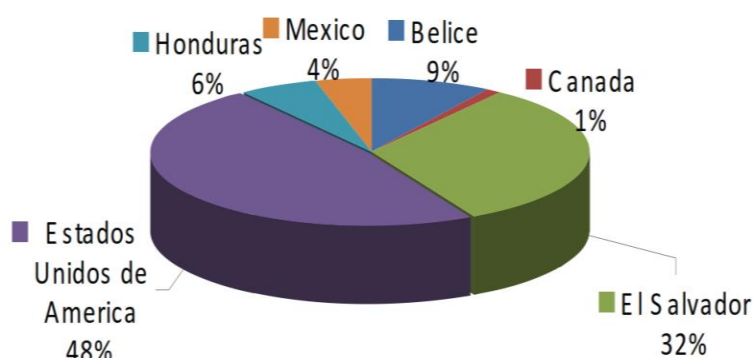
² 4-hydroxyestron: una forma de estrógeno que contiene el brócoli

³ 2-hydroxyestron: una forma de estrógeno anticancerígeno

principales países exportadores de brócoli son: España (240610 TM), Francia con un 19,26% (182390 TM), China con 13,92% (131860 TM) y Estados Unidos con 8,95% (84.800 TM). España tiene la mayor participación del mercado mundial con un 25,40%. Según datos de la FAO el total de las importaciones mundiales reportadas en el año 2005 fueron 662.130.000 TM. Los principales importadores son: Reino Unido (18%), Alemania (9,44%) y Canadá (9,20%). Según datos de la FAO **casi un 62% de las importaciones mundiales de brócoli y coliflor son de EU**. Los países que destacan son: Reino Unido (29%), Alemania (15%) y Francia (9,12%).

Según datos de la asociación guatemalteca de exportadores (AGEXPORT). En Guatemala, la exportación de brócoli y coliflor tuvo su mayor nivel en el año 2002 exportando más de 23.000 TM anuales equivalentes a casi 8.000.000 US\$. Sin embargo en el 2004 que a pesar que en volumen que se exportó con respecto al año 2002 fue menor (menos de 21000 TM anuales), el precio fue mucho mayor llegando a casi los 12.000.000 US\$. En los últimos años las exportaciones tanto en valores como en volumen han descendido.

Figura 1. Exportaciones de brócoli de Guatemala durante 2002 - 2006



Fuente: AGEXPORT

3.3.2. Producción del cultivo de brócoli en Bolivia

Según Servicio Departamental Agropecuario de Santa Cruz (Sedacruz). (2017), Santa Cruz es el mayor productor del cultivo de brócoli a nivel nacional con 396 toneladas que

equivalen a 80.000 unidades/año en una extensión de 35 ha aproximadamente que significa 11314,29 kg ha⁻¹, durante el 2015 y 2016, el precio por unidad es de 5 a 8 bs/unidad.

Mamani, (2014), en una investigación de tesis de grado obtuvo rendimientos de 17394,3 kg ha⁻¹. Un año más tarde. Copari, (2015) otra investigación de tesis de grado de la carrera de ingeniería agronómica UMSA, obtuvo 2500 kg ha⁻¹. Y un costo de venta de 9424 Bs/ha.

3.4. Requerimiento de cultivo de brócoli

3.4.1. Clima

Según Zamora, (2016), el brócoli se adapta mejor a temperaturas promedio de 16 °C (60 °F). El rango óptimo está entre 15 y 25 °C (59 y 77 °F). También, soporta temperaturas bajas hasta de -2 °C siempre y cuando no se haya formado aún la inflorescencia. La semilla germina en 7 días a temperaturas entre 7 y 35 °C (45 a 95 °F). A muy altas temperaturas, las plantas desarrollan tamaño pequeño, cabezas deformes o cabezas normales pero de color púrpura ocasionando una baja en calidad.

3.4.2. Suelo y pH

Según Jaramillo, J. y Diaz, C. (2006), las hortalizas como el repollo *Brassica oleracea* var, *Capitata* L, el coliflor *Brassica oleracea* var. *Botritys* L y el brócoli *Brassica oleracea* var. *Italica* L, son exigentes en N, P y K. La FHIA (2004) menciona que para producir 23 t de brócoli el cultivo extrae 68 kg N ha⁻¹ , 23 kg P ha⁻¹ y 56 kg K ha⁻¹. Así mismo LeStrange et al., (2003), manifiestan que las aplicaciones de P pueden variar entre 56 y 280 kg P₂O₅ ha y las de N entre 112 y 224 kg por hectárea.

Ramírez (1995), sostiene que el brócoli necesita más nitrógeno al desarrollar las yemas laterales después de cortar la cabeza principal. El brócoli también requiere de 60 kg de N, 20 kg de P y 50 kg de K.

Zamora, (2016), menciona que el cultivo de brócoli se adapta mejor a suelos con buen drenaje, aunque puede desarrollarse en un amplio rango de texturas de suelos. Aceptables rendimientos han sido reportados en suelos arenosos y hasta arcillo limosos. Cuando se siembre en suelos arcillo limosos, será necesario preparar bien el terreno con y una buena cama el objetivo de que la siembra directa sea efectiva. El brócoli es ligeramente tolerante a suelos ácidos (6 a 6,8 de pH).

3.4.3. Humedad

Para el desarrollo vegetativo requiere una humedad relativa del 80% con una mínima de 60%. El brócoli se puede cultivar de manera adecuada en zonas comprendidas entre los 2200 y 2800 m.s.n.m.

3.4.4. Respuestas a la salinidad

Barahona (1998), manifiesta que es medianamente tolerante a la salinidad (4 mmhos de C.E. o 2560 ppm). Mientras Zamorra, (2016). Menciona que el cultivo de brócoli es moderadamente tolerante a sales del suelo (2,8 dS/m) y muy sensible cuando se le establece en suelos arcillosos (1,6 dS/m). En suelos arenosos llega a tolerar hasta 4,9 dS/m y en suelos medios 2,8 dS/m. El potencial de rendimiento en brócoli se ve reducido en un 10% a 4 dS/m y hasta en un 50% a 8 dS/m.

3.4.5. Agua

Según Casseres, (1980), en los almacigales de brócoli, debe aplicarse una cantidad de agua de 20 lt/m² de almaciguera sin caer en el exceso. El cultivo de brócoli requiere 37lt de agua por kg de brócoli por un sistema de riego por goteo. Si hay deficiencia de agua durante la época de desarrollo, los rendimientos serán reducidos. El riego después de un prolongado periodo seco puede causar que las pellas se reviertan por la repentina absorción de agua.

Krarup, (1992), el brócoli es una planta mesófito y, por lo mismo, requiere una disponibilidad de agua: sin elementos tóxicos, bajo contenido de sales, para evitar situaciones de estrés hídrico.

Vera y Vilaña (2004), sostiene que los requerimientos de agua del brócoli depende del tipo de riego que se está utilizando, manifiesta de manera general que por inundación, el brócoli necesita aproximadamente $1286 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ y en riego localizado $858 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ para llegar a capacidad de campo.

3.5. El riego por goteo

De acuerdo a Vermeiren (1986), sostiene que el riego localizado cubre en principio el conjunto de métodos que entrañan el humedecimiento de una parte del suelo, pero este término se aplica particularmente a las técnicas que llevan agua solo al pie de las plantas, en la zona de las raíces.

Según Rodríguez (1987), el riego por goteo es el sistema de llevar el agua necesaria para los cultivos por medio de tuberías, esta agua llega a la base de la planta por “emisores” que funcionan como goteros.

Chipana, Huayta, *et. al.* (2007), mencionan que en Bolivia los agricultores y empresarios están produciendo hortalizas en carpa solares con riego por goteo pero no aplican nutrientes mediante el agua de riego, esto se debe al desconocimiento de la técnica de irrigación, así como al elevado costo de los equipos.

Zamora, (2016), señala que el sistema radical del brócoli no profundiza más de 30 cm, sobre todo cuando se realiza el trasplante, los riegos deberán ser ligeros y frecuentes, de tal forma que el cultivo disponga siempre de humedad. Se deben de evitar desbalances de humedad debido a que pueden ocasionar maduración prematura de las cabezas. El brócoli pudiera requerir una lámina total de agua de aproximadamente 50 cm durante la temporada otoño-invierno alcanzando el más alto requerimiento hídrico a partir del inicio de formación de la cabeza o pella así como durante su desarrollo.

El cultivo de brócoli puede ser establecido tanto en riego por gravedad como por goteo. Después de la emergencia, el campo es irrigado por gravedad en surquerías. El brócoli puede requerir de 6 a 8 riegos durante la temporada que significa 28,8lt a 38,4lt por planta

respectivamente. Dependiendo de la fecha de siembra, los requerimientos de agua variarán.

3.6. El fertiriego

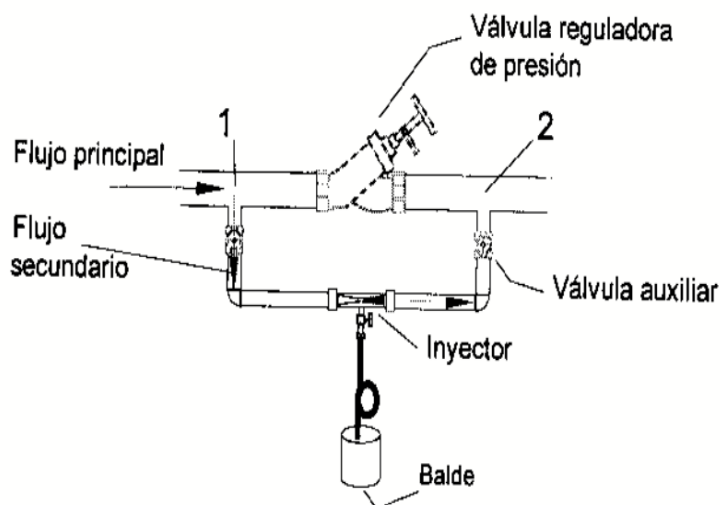
Según (CREA) centro nacional de estudios de agua, (2005), indica que existen los siguientes métodos de inyección de fertilizantes o fertiriego por goteo y/o aspersión.

3.6.1. Bomba de inyección

Se basa en el uso de una bomba de pistón o de membrana, para la inyección de la solución desde el tanque de mezcla al sistema de riego. Esta bomba suele ser accionada por un motor eléctrico o hidráulicamente por el agua de la red (bomba de membrana), produciendo pequeñas pérdidas de presión en la red. Este sistema permite que los fertilizantes pasen al agua de riego con una dosificación constante.

3.6.2. Inyectores Venturi

Figura 2. Esquema de instalación de un inyector Venturi



Fuente: Martínez, (FNDR), 1998. Manual de fertirrigación

Su funcionamiento se basa en el efecto Venturi, que consiste en producir un estrechamiento en el flujo principal del agua para causar una depresión. Ésta resulta suficiente para succionar la solución química desde un depósito abierto hasta dicho flujo.

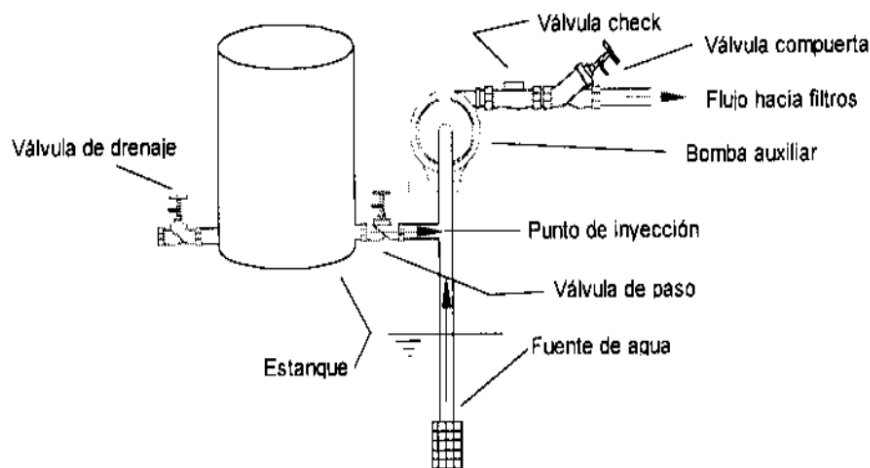
El Venturi se instala en un by-pass del circuito principal para poder regular el caudal succionado.

3.6.3. Inyección por succión

Este tipo de inyector es el más fácil de implementar y consiste en conectar el estanque abonador al tubo de succión del equipo de bombeo. En el chupador de la bomba se produce presión negativa o succión, por lo tanto es un buen punto para inyectar solución madre al sistema de riego. La Figura 3 muestra el esquema de instalación.

Este método presenta la dificultad de corrosión prematura de toda pieza metálica en el cabezal debido a la acción de ácidos y fertilizantes que en este lugar se encuentran muy concentrados.

Figura 3. Esquema de instalación de un inyector por succión



Fuente: (FNDR), Martínez, (FNDR), 1998. Manual de fertirrigación

La salida de la solución madre debe quedar dos centímetros sobre el fondo para evitar la succión de impurezas. El volumen muerto se debe drenar en forma regular utilizando la válvula de fondo o drenaje

3.7. El abono orgánico líquido aeróbico (AOLA)

Chilon, E. Chilon, J. (2015), señalan que el abono orgánico líquido aeróbico, se obtiene por transformación microbiana con presencia del oxígeno, de sustratos pre-humificados

caso del compost, humus de lombriz, estiércol fermentado y otros abonos orgánicos sólidos; el AOLA es un producto del proceso del metabolismo de sustancias orgánicas nutritivas y sanitarias, con la intervención de bacterias y otros organismos en un medio aeróbico, el AOLA favorecen la producción de cultivos, la fertilidad de los suelos y la biorecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos.

Los mismos autores recomiendan continuar con otras fases de investigación, realizando estudios sobre el uso y el efecto del AOLA en condiciones de campo en la producción de hortalizas, en carpa solares en el altiplano, en el riego orgánico y en el control de enfermedades y plagas que afectan a los cultivos, y en la biorecuperación de suelos agrícolas contaminados y también hacen conocer los resultados de experimentos en lechuga, acelga, espinaca y perejil obteniendo los mejores efectos con los diluciones de 10% y 20% de AOLA.

3.7.1. Proceso técnico de aolificación

Según Chilon, E. y Chilon, J. (2015), se denomina aolificación al proceso orgánico microbiológico, de obtención de abonos orgánico líquidos bajo condiciones aeróbicas, donde las bacterias y otros microorganismos realizan la biosíntesis de compuestos orgánicos, ácidos orgánicos y enzimas a partir de las sustancias pre-humificadas caso el compost, humus de lombriz, estiércol descompuesto, obteniendo un abono orgánico líquido muy rico en nutrientes y compuestos orgánicos que favorecen a los cultivos y al suelo.

3.7.2. Características de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA)

Como referencia se menciona dos tipos de AOLA obtenidos de los sustratos compost y humus de lombriz, el pH es moderadamente básico, sin problema de sales, en cantidades moderadas de P y K de bajo a media contenido de N, por lo que su efecto benéfico sobre los cultivos estaría relacionado con su cantidad de sustancias y complejos orgánicos.

Cuadro 1. Características de dos tipos de Abono orgánico líquido aeróbico (AOLA)

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	TIPO DE ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO AERÓBICO (AOLA)	
			AOLA- compost	AOLA- humus de lombriz
Nitratos	SM 4500-NO3-B	mg N-NO ₃ lt ⁻¹	30	4,4
Fosforo total	EPA 365,2	mgP-PO ₄ lt ⁻¹	13	16
Potasio	EPA 258,1	mg lt-1	439	54
Alcalinidad total	EPA 310,1	mg CaCO ₃ lt ⁻¹	62	40
Acidez	EPA 305,1	mg CaCO ₃ lt ⁻¹	<2	<2
pH *	Potenciometria 1:5 (H ₂ O dest.)	Esc. pH	7,96	7,82
CE *	Conductivimetria 1:5 (H ₂ O dest.)	mS cc ⁻¹	3,68	3,32

Fuente: Chilon, E.; Chilon, J. (2015), en banco de datos laboratorio de Calidad Ambiental, Instituto de Ecología, UMSA (2014), (*) Laboratorio de Biofertilidad, catedra Fertilidad de suelos, Facultad de agronomía, UMSA (2014)

3.7.3. Investigaciones del efecto de AOLA en cultivos

Chilon, E. y Chilon, J. (2015), señalan que en la evaluación del efecto del abonamiento foliar con AOLA sobre las hortalizas acelga, espinaca, perejil y lechuga resulta mejor con las dosis de 10% y 20% de AOLA.

Mita, (2016), en una investigación con AOLA vía foliar en el cultivo de Quirquiña en la Estación Experimenta de Patacamaya, De los resultados que obtuvo, recomienda que el mejor tratamiento es el T3 (20% AOLA) con un beneficio costo de 1,63 y un peso de hojas de Quirquiña por planta de 10,24 g.

Alanoca, (2017). En una investigación con AOLA por vía foliar en el cultivo de pepino en la estación experimental de Patacamaya obtuvo réditos económicos con el T2 con un nivel de AOLA al 10 % y recomienda realizar más investigación con el AOLA en otras variedades de pepino y hortalizas.

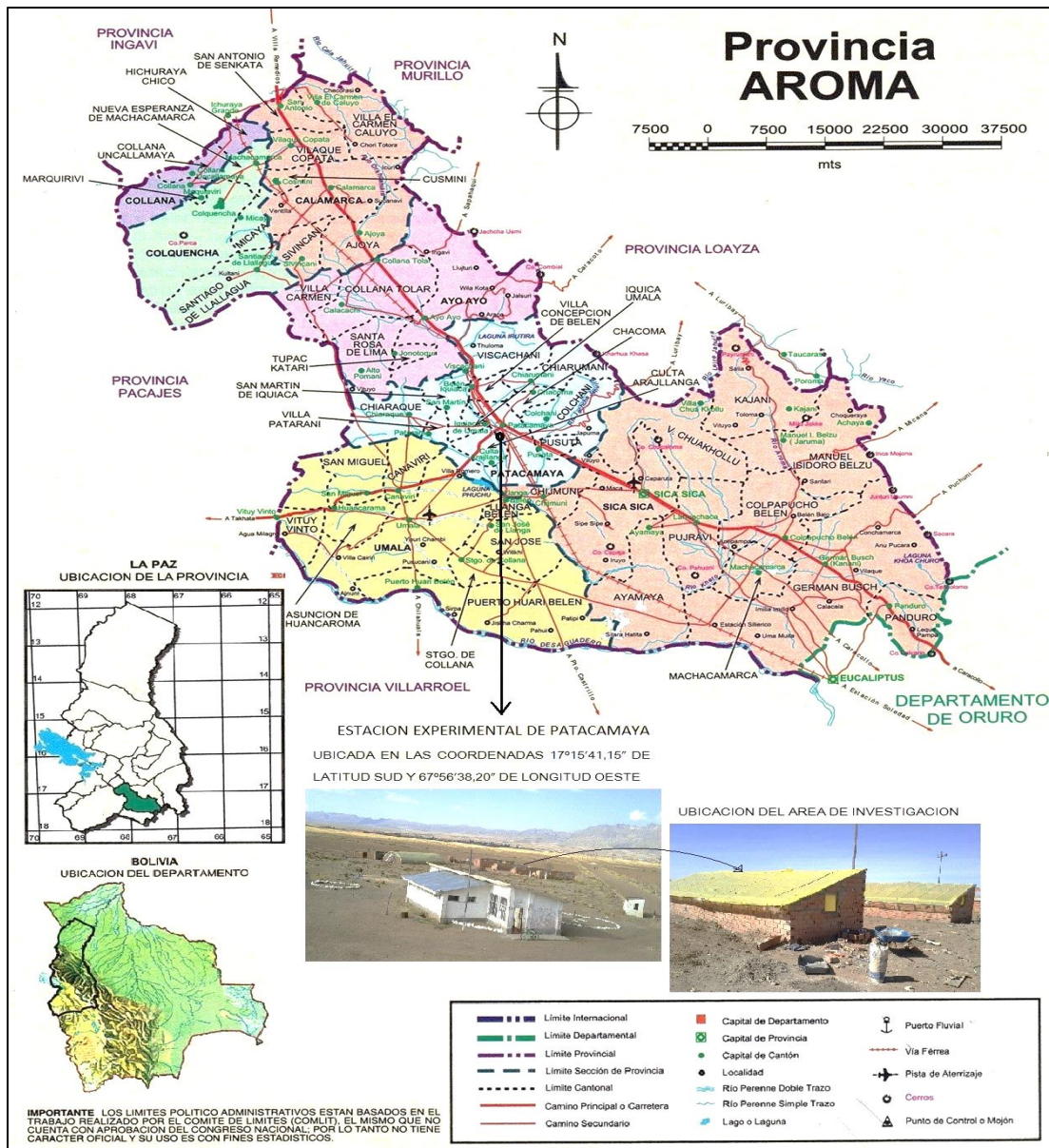
4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Localización

El presente trabajo se realizó en la estación experimental de Patacamaya dependiente de la Facultad de Agronomía, ubicada en la quinta sección de la provincia Aroma del departamento de La Paz a una altura de 3789 m.s.n.m. que se aprecia en la figura 4.

Figura 4. Ubicación geográfica de la estación experimental de Patacamaya



Fuente: <http://www.educa.com.bo/sites/default/files/la-paz-provincia-aroma-0116.jpg>

4.1.2. Clima

La estación experimental de Patacamaya perteneciente a la Facultad de Agronomía de la (U.M.S.A.) en el año 2016 presentó una temperatura promedio anual de 10,26 °C, presentándose temperaturas mínimas de 0,5 °C y temperaturas máximas de 20,06 °C en los meses de octubre noviembre, diciembre y enero, en cuanto la precipitación pluvial durante el periodo de desarrollo de la tesis se presentó un promedio de 15 mm siendo la precipitación promedio anual de 13,15 mm. (SENAMHI).

4.1.3. Suelos

Los suelos de Patacamaya son superficiales de formación aluvial sedimentaria con problemas de drenaje, textura que varía de arenoso a franco arenoso con PH de 7,8 a 8,8 y pobres en contenido de materia orgánica (Mamani, 2015).

4.1.4. Vegetación

En esta área, está compuesta por gramíneas nativas, con arbustos muy dispersos que crecen durante la época de lluvia en algunos sectores se encuentran mantos puros de “tholares” y otras especies comunes de la zona.

La producción en la estación experimental de Patacamaya son generalmente la quinua, papa, isaño, cebada, avena, alfalfa y hortalizas.

4.1.5. Material de campo

Picota, chonta, huincha, bomba de agua de 1 Hp, cintas de goteo, accesorios de instalación, tijera podadora, cuchillo, poli tubo de $\frac{3}{4}$, probeta.

4.1.6. Insumos

- Abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) proporcionado por el laboratorio de biofertilidad la catedra de fertilidad de suelos (2016), de la carrera de ingeniería agronómica UMSA.
- semilla de brócoli variedad Di cicco.

Características de la variedad Di Cicco:

Planta compacta que produce cabezas medianas de unos 10 a 12 centímetros de diámetro, de un color verde oscuro, produce muchas cabezas laterales que son muy beneficiosos para el autoconsumo, por lo que es una variedad de brócoli que se utiliza mucho en cultivos de jardín. Diámetro de pella. 10 – 12 centímetros, altura de planta: 70 centímetros, Ciclo productivo: precoz, 4 meses, Profundidad de siembra: 0,5 a 1 centímetro, Temperatura mínima de siembra: 18°C, Tolerante a heladas.

Figura 5. Características de la variedad Di Cicco



4.1.7. Material de gabinete

Cuaderno de campo, computadora, marcadores, impresora, cámara fotográfica.

4.2. Métodos

4.2.1. Procedimiento experimental

- Muestreo de suelo

La muestra de suelo se tomó mediante el método de zig zag y luego se unió todas las muestras para mezclarlo y tomar la muestra de 1 kg por cuarteo, esto se hizo antes del trasplante y después de la cosecha para verificar el efecto AOLA.

- Almacigo

El almacigo se realizó en las botellas Pet reciclado donde se estima que entra un aproximado de 50 semillas por botella, una vez almacigado se procedió a cubrir con paja esto para que la humedad se mantenga. Después de 7 a 10 días se realiza el destapado

de la paja ya que los platines emergen, luego de 25 días después del almácigo aparecieron 2 a 3 hojas verdaderas que son indicadores que ya hay que llevarlos al trasplante a un campo fijo en este caso al carpa solar.

Figura 6. Proceso de almácigo hasta el trasplante



- **Trasplante**

25 días después del almácigo se realizó el trasplante al invernadero colocando a una distancia de 40 cm entre laterales de cinta de goteo y 30 cm entre plantas o goteros. Antes del trasplante se realizó un riego a capacidad de campo 24 horas antes, con ayuda de una estaca cilíndrica se hace un hoyo de 5 a 7 cm., eligiendo los plantines más rectos se trasplantó primero colocando la raíz sin pan de tierra en la perforación luego con el mismo sustrato se rellena el hoyo, asegurándose que esté no tan compacto.

Figura 7. Proceso de trasplante del cultivo de Brócoli



- Riego

Se instaló el sistema de riego por goteo, mediante un tanque de agua de capacidad de 1.3 m³ de almacenamiento que está conectado con una bomba de agua eléctrica de 1 Hp de potencia y se realizó las pruebas de evaluación de riego localizado, que se aplicó en la investigación.

Figura 8. Proceso de instalación del sistema de riego por goteo.



- Preparación de las dosis de AOLA

El abono orgánico líquido aeróbico se diluyó en el tanque de solución en las concentraciones de 10%, 20% y 30%, estas diluciones de concentraciones de AOLA se aplicaron como riego por turnos comenzando de la menor concentración a mayor concentración con las cantidades calculadas en la siguiente tabla.

Cuadro 2. Niveles de concentración de AOLA

CONCENTRACIONES	AGUA (lt)	AOLA (lt)	Total (lt)
10%	18	2	20
20%	16	4	20
30%	14	6	20

- Forma de aplicación de AOLA

La aplicación de abono orgánico líquido aeróbico, fue de acuerdo a la fase fenológica cuatro veces por ciclo; la primera fue a los 5 días después del trasplante el segundo y la tercera aplicación cada 15 días y la última aplicación a los 80 días después del trasplante. Para la aplicación se midió AOLA y agua en un tanque de 20 lt. Luego se agitó para que la solución este uniforme, se conectó una manguera en el tanque con una válvula de retención y se hizo funcionar la bomba de agua para que succione y distribuya el líquido por cada tratamientos; para controlar los tratamientos se instaló válvulas en cada ramal, para que solo se abra y riegue el tratamiento correspondiente y los otros tratamientos se mantuvieron cerrados.

Figura 9. Proceso de aplicación de AOLA



- **Control de malezas**

Se realizó el control de malezas cada 14 días en forma manual esto para que no haya mucha variación ya que las malezas también absorben los nutrientes. Generalmente en la Estación Experimental de Patacamaya hay ataque de malezas como Ajara, Paico y diente de león.

- **Toma de datos**

Las muestras se tomaron de forma aleatoria por cada unidad experimental de acuerdo las concentraciones de AOLA. Para las variables agronómicas de la siguiente manera:

- ✓ La altura de planta, el diámetro del tallo y número de hojas se tomaron cada 15 días.
- ✓ El peso de la pella y el rendimiento de brócoli se tomó al final de la producción y durante la cosecha.

Figura 10. Desarrollo de la planta cada 15 días



Figura 11. Toma de datos del cultivo de Brócoli



4.2.1. Diseño experimental

Para evaluar el efecto de riego con AOLA por goteo en el cultivo de brócoli, se utilizó el diseño completamente al azar; con el siguiente modelo lineal aditivo, ecuación (1).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_j \quad (1)$$

Donde se pueden explicar los términos:

Y_{ij} = Variables agronómicas de j-ésima planta de brócoli que se aplica la i-ésima nivel de (AOLA).

μ = Media general

α_i = Efecto fijo del i-ésimo nivel AOLA

ϵ_j = Error experimental

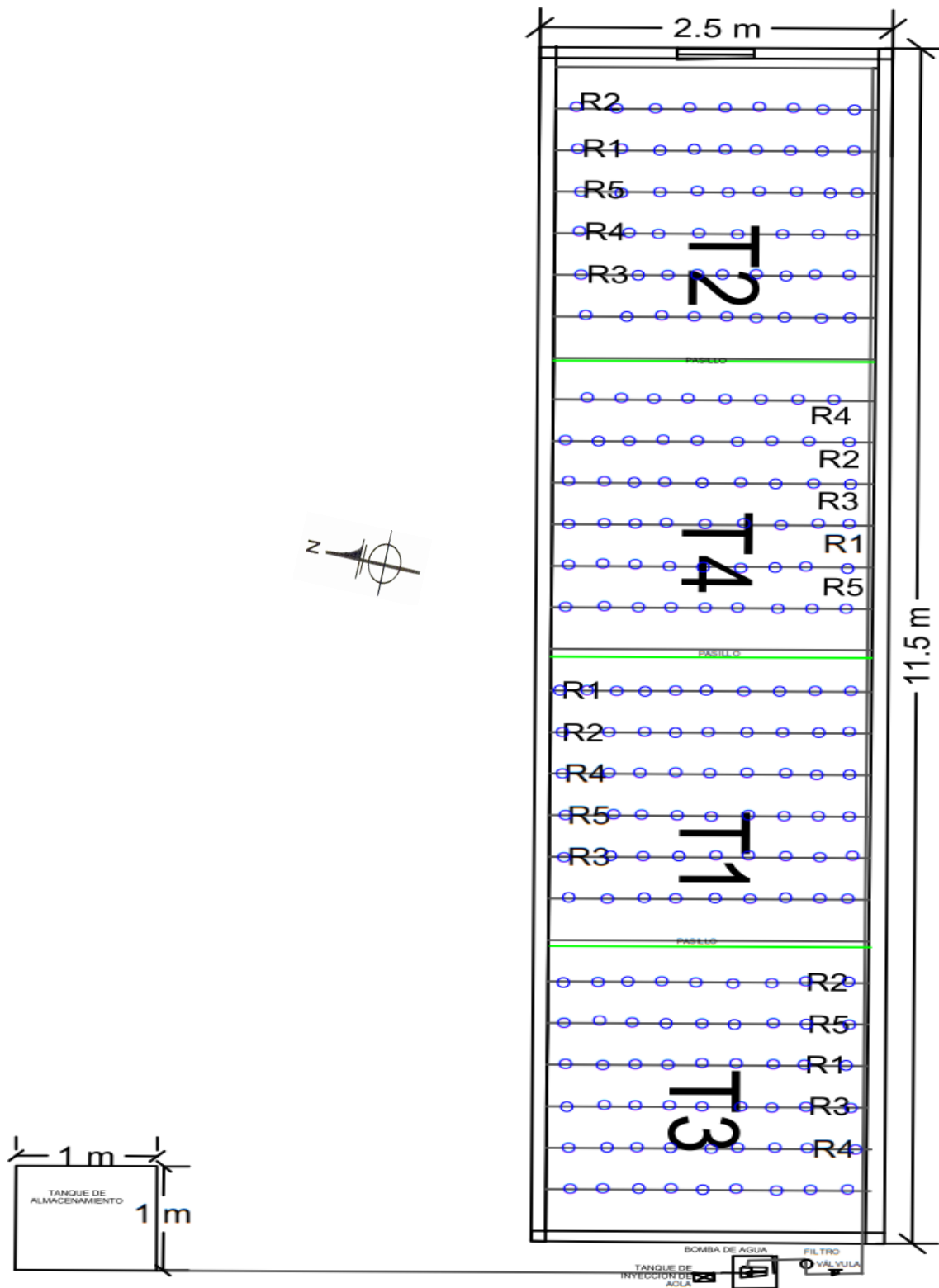
4.2.1.1. Concentraciones de AOLA

Cuadro 3. Tratamientos de aplicación de AOLA

NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE AOLA	TRATAMIENTOS
0% DE AOLA	T1 (testigo)
10% DE AOLA	T2
20% DE AOLA	T3
30% DE AOLA	T4

4.2.2. Croquis experimental

Figura 12. Representa la distribución de las unidades experimentales



4.2.3. Variables de respuesta

Cuadro 4. Variables agronómicas

Variables agronómicas	Unidad	Criterios de descripción y medición
Altura de plantas (APL)	cm	Se midió la altura de la planta desde el nivel del suelo hasta el ápice, en diez plantas, para ello se utilizó una regla geométrica en unidad de centímetros.
Número de hoja (NHO)	Nº	El conteo se efectuó cuando aparecieron las pellas, contabilizando el número de hojas existentes por plantas.
Diámetro del tallo (DTA)	cm	Se tomó datos cada 15 días para ver el desarrollo de la planta con un vernier a un cm de base del tallo.
Días a la formación de la pella (DFP)	días	Se observó el tiempo desde el trasplante hasta la aparición de la pella

Cuadro 5. Variables de rendimiento

Variables de rendimiento	Unidad	Criterios de descripción y medición
Peso de la pella por planta	g	Se pesó la cabeza comercial del brócoli en una balanza digital de los cuatro tratamientos registrándose los datos obtenidos para su análisis de resultados.
Rendimiento (R.)	Kg ha ⁻¹	Se pesó en una balanza las pellas una vez cosechado del área total de cada tratamiento.

Cuadro 6. Variables del suelo

Variables del suelo	Unidad	Criterios de descripción y medición
Propiedades físicas y químicas	Dap, Porosidad, pH, CE y nutrientes disponibles	Los análisis de Dap, DR, Porosidad, PH y CE. Realizo en el laboratorio de suelos en la estación experimental de Patacamaya; mientras los análisis de nutrientes disponibles se llevó a cabo en el laboratorio de IBTEN.

4.2.3.1. Evaluación económica

El análisis económico se realizó siguiendo el Método de costos de producción, para la estimación de costos comparativos entre Tratamientos según Perrin *et al* (1988), bajo las siguientes formulas

Ingreso neto

$$IN = R \times P$$

Donde:

IN= Ingreso neto

R= Rendimiento

P= Precio

Beneficio neto

$$BN = IN - CP$$

Donde:

BN= Beneficio neto

IN= Ingreso neto

CP= Costos de producción.

Relación beneficio costo

$$B/C$$

Donde:

B= Beneficio

C= Costo total

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Efecto de tres niveles de AOLA en riego por goteo sobre el comportamiento agronómico del brócoli

5.1.1. Altura de planta

La altura de planta muestra diferencias numéricas notorias entre los diferentes niveles de AOLA, mientras que estadísticamente no se presentaron diferencias entre tratamientos, lo que se aprecia en el cuadro 7.

Cuadro 7. ANVA de la variable altura de la planta

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>F crítico</i>
Niveles de AOLA	3	94,95	31,65	1,65	3,24 NS
Error experimental	16	307,6	19,225		
Total	19	402,55			
$CV\% = \frac{\sqrt{CM_{Error}}}{promedio} \times 100 = \frac{\sqrt{19,23}}{81,85} \times 100 = 5,38\%$ MEDIA GENERAL = 81,85cm					

Del análisis de varianza para la variable altura promedio de la planta durante la formación de la pella, se aprecia que no existe diferencia estadística para la aplicación de los niveles de AOLA, comparando con el testigo los efectos son similares y el coeficiente de variación es de 5,38% que es aceptable para este tipo de ensayos en el campo.

El promedio general de la altura de planta es de 81,85 cm la cual son valores muy altos en comparación con los países como Guatemala que producen brócoli de esta variedad De Cicco. Esto se debería al alto contenido de materia orgánica, nitrógeno del suelo y el efecto de AOLA sobre el cultivo de brócoli y también al proceso de adaptación y los cambios bruscos de temperatura en carpa solar ya que en días soleados llega a 25 a 30 °C, manteniendo abierto las ventanas y la puerta, en las noches de 5 a 10 °C, en épocas de invierno llegando a -5 °C.

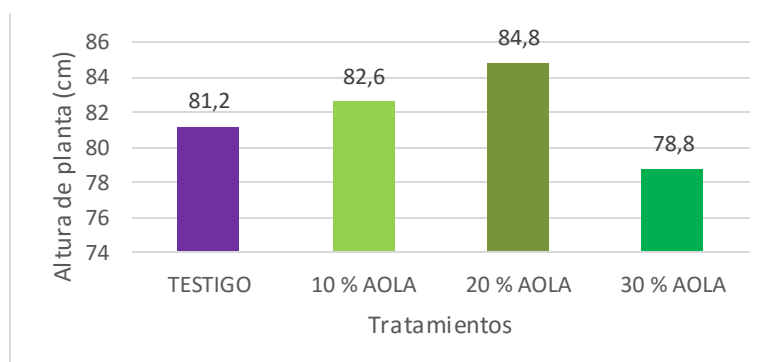
En una investigación realizada por Copari (2015), sobre el efecto de concentraciones de Biol en dos variedades de brócoli, encontró un promedio de 54 cm de altura de planta

en la variedad Di Cicco y 50 cm en la variedad Calabrese, indica que estos resultados son por la presencia de nutrientes más concentrados en el Biol; mientras con el AOLA presentaría mayores cantidades de nutrientes y compuestos orgánicos que favorecerían al cultivo de brócoli.

Por otro lado Mamani (2014), en la evaluación de densidades de siembra en dos variedades de brócoli, concluyó que los resultados promedios de altura de planta al momento de la cosecha fue de 88.98 cm y 60,99 cm en las variedades Di Cicco y Pirata respectivamente, los crecimientos variados se deberían a las diferentes densidades de siembra y también a los efectos de la genética.

Los resultado de nuestra investigación, superan ampliamente a los obtenidos por Condori (2010), que en una investigación del efecto de fertilización foliar en dos variedades de brócoli, Montecristo con un valor promedio de 32,75 cm y Dalmira con 28,75 cm. Especula que la variedad Montecristo desarrollo mayor altura debido a las características fenológicas.

Figura 13. Efecto de tres niveles de AOLA sobre la altura de planta de brócoli



Se observa que el nivel de AOLA 20% alcanzó el promedio más alto con 84,8 cm de altura de planta mientras el nivel de AOLA al 30% alcanzo un promedio bajo de 78,8 cm lo que indica un efecto negativo de la dosis más concentrado al 30% esto se puede atribuir a un efecto antagónico de los micronutrientes que puede tener el suelo y así mismo la AOLA donde los micronutrientes como Ca, K y B dificulta el crecimiento del

brócoli. El testigo y el nivel de AOLA al 10% alcanzaron un promedio de 81,2 y 82,6 cm respectivamente, donde numéricamente hay una diferencia entre tratamientos, mientras estadísticamente no hay diferencias significativas. A pesar de ello se observa variaciones en la altura de planta por el efecto del abonamiento orgánico líquido aeróbico (AOLA).

5.1.2. Número de hojas al momento de la aparición de la pella

En el ANVA del (cuadro 8), se aprecia que no existe diferencia significativa estadística para los niveles de AOLA en número de hojas al momento de la aparición de la pella, (figura 14), pero existen diferencias numéricas en los tres niveles de AOLA, aunque estadísticamente no hay diferencias entre el números de las hojas al momento de la cosecha.

Cuadro 8. ANVA para el variable número de hojas

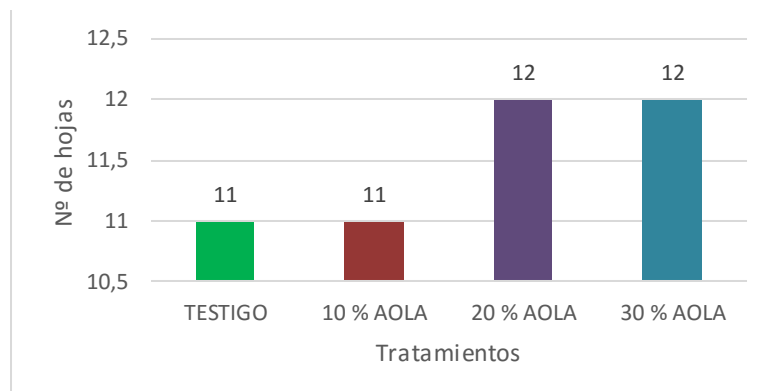
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F cal</i>	<i>F critico</i>
Niveles de AOLA	3	4,55	1,52	0,93	3,24 NS
Error experimental	16	26	1,625		
Total	19	30,55			
CV = 11,21%	MEDIA GENERAL = 11hojas				

El coeficiente de variación fue de 11,21% este resultado da confiabilidad al estudio.

Al respecto Mamani (2014), no encontró diferencias estadísticas para el variable número de hojas por planta pero si una diferencia numérica de 1 a 4 hojas, también indica que la variedad Pirata obtuvo mayores promedios de 20 hojas por planta, mientras la variedad Di Cicco obtuvo un promedio de 18 hojas por planta. Estos resultados fueron por los efectos de la calidad de semilla y sus características genéticas, mientras en la presente investigación fue debido a la fertilidad de suelos y al efecto de los niveles de AOLA.

Por otro lado Copari (2015), en una investigación de efecto de Biol y variedades de brócoli, no encontró significancia estadística por que las concentraciones de Biol y con cualquiera de las variedades ya sea Di Cicco o Calabrece no tienen ningún efecto en el número de hojas.

Figura 14. Comparación del efecto de AOLA en número de hojas al momento de la aparición de la pella



En la figura se observa que no existe diferencia estadística pero si una diferencia matemática, el testigo y la concentración de AOLA de 10% son iguales con un promedio de 11 hojas por planta, mientras con las concentraciones de AOLA de 20 y 30% también son iguales con un promedio de 12 hojas por planta al momento de la aparición de las pellas, encontrando una diferencia mínima de una hoja entre tratamientos.

Estos resultados nos indican que hubo efecto de las concentraciones de AOLA en la variable de número de hojas en el cultivo de brócoli variedad Di Cicco.

5.1.3. Diámetro del tallo principal

Cuadro 9, se aprecia que no existe diferencia significativa en el diámetro de tallo al momento de la cosecha, también podemos indicar que hubo efectos similares en los tres niveles de AOLA comparando con el testigo. (Cuadro 15), no existe diferencias estadísticas pero si una diferencia numérica.

Cuadro 9. ANVA Diámetro del tallo al momento de la cosecha

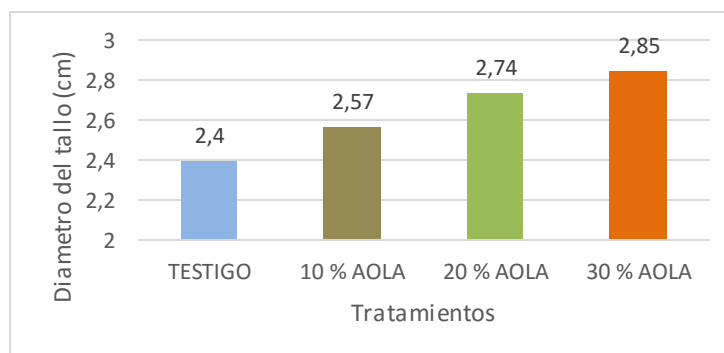
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F cal</i>	<i>F crítico</i>
Niveles de AOLA	3	0,58	0,19	2,49	3,24 NS
Error experimental	16	1,25	0,07		
Total	19	1,833			
CV = 10,02%	MEDIA GENERAL = 2,64 cm				

Del ANVA no existen diferencias significativas entre niveles de AOLA, en la variable diámetro del tallo, también se obtuvo una media general de 2,64 cm que son aceptables comparando con otras investigaciones realizadas, el coeficiente de variabilidad es de 10,02% que nos indica que son aceptables para este tipo de ensayos.

Al respecto Mamani (2014), encontró que no hay diferencias significativas, estadísticamente en cualquiera de las densidades de siembra y variedades Di Cicco o Pirata, se tendrán similares diámetros de tallo de un promedio de 2,31cm en la variedad Di Cicco y 1,80cm en la variedad de Pirata y también indica que estas diferencias son debido a sus características genéticas de la variedad.

Por otra parte Copari (2015), obtuvo similares promedios del diámetro del tallo de 2 a 3 cm por el efecto de fertilización foliar en las variedades de brocoli; Calabrece y Di Cicco e indica que estas diferencias es debido a la calidad de semilla, al manejo homogéneo del cultivo y principalmente al efecto positivo del biofertilizante aplicado.

Figura 15. Comparación del diámetro del tallo al momento de la cosecha



En la figura se observa que existen diferencias numéricas donde el promedio más alto es de 2,85cm que es por el efecto del nivel de AOLA al 30% seguido del nivel de AOLA de 20% con un promedio de 2,74cm y los valores con promedios bajos son el testigo y el de 10% de AOLA con un 2,4 y 2,57cm de diámetro de tallo respectivamente. Pero se asume que no existen diferencias estadísticas de diámetro de tallo por el efecto de los niveles de AOLA. Esto significa que los efectos de niveles de AOLA son similares en el diámetro del tallo.

5.1.4. Días a la aparición de la pella

En la ANVA del cuadro 10, se aprecia que, no hay significancia estadística para niveles de AOLA en días a la aparición de la pella. En la (figura 16), también se observa que hay una diferencia numérica.

Cuadro 10. ANVA días a la formación de la pella

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F cal.</i>	<i>F crítico</i>
Niveles de AOLA	3	0,5	0,17	0,012	3,49 NS
Error experimental	12	165,5	13,79		
Total	15	166			
CV = 4,13%	MEDIA GENERAL = 90 días				

Del ANVA no existe diferencias estadísticas en la aparición de las pellas en los niveles de AOLA, el coeficiente de variación es de 4,13%, que son aceptables para este tipo de ensayos, esto hace que los datos obtenidos son confiables.

La media general de la aparición de la pella es de 90 días, esto se debe a la precocidad del cultivo de la variedad Di Cicco. Y el efecto de AOLA que son muy similares en cualquiera de los niveles.

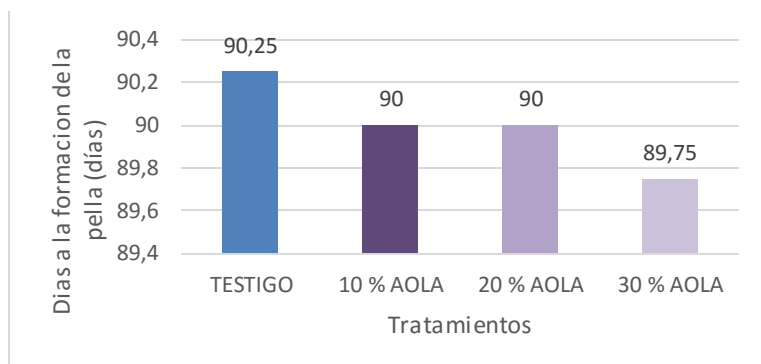
En un estudio realizado en Ecuador, por Vallejos (2013) evaluando 7 variedades, encontró significancia estadística. Con un promedio general de 58,17 días al empellamiento. Además el autor indica que el proceso de la formación de la pella en las variedades, es por las condiciones medioambientales en cuanto la altitud la aparición de las pellas es menor cuando más bajo sea.

Por su parte, Condori (2010), encontró un promedio general de 88 días al empellamiento, que fueron debido a la presencias de hormonas vegetales presentes en los diferentes niveles de fertilización foliar.

También Mamani (2014), en una evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de Brócoli, encontró que la variedad Di Cicco fue la que se cosecho en menor

tiempo de 96 días y la variedad pirata en 108 días. Y asume que fue debido a la temperatura. Así mismo indica que no deja que se desarrolle bien la cabeza comercial.

Figura 16. Comparación del tiempo de aparición de la pella.



La figura nos evidencia que hay una diferencia entre los niveles de AOLA en el tiempo hasta la aparición de la pella, donde el nivel de AOLA al 30% tardo menor tiempo con un promedio de 89,75 días seguido de los niveles de 10 y 20 % de AOLA en donde aparecieron las pellas en 90 días. En comparación al testigo tardo más días en la aparición de las pellas con un promedio de 90,25 días, estos resultados son diferencias de un día en la aparición de las pellas por el efecto de los niveles de AOLA. También a esto se considera la temperatura y horas sol, que repercuten por más que estén en los ambientes protegidos y un efecto antagónico que se puede atribuir al Ca que causa floración prematura.

5.2. Efecto de tres niveles de AOLA en riego por goteo sobre el rendimiento del cultivo de brócoli

5.2.1. Peso de la pella

En el (Cuadro 11), se aprecia que existe una alta significancia en el peso de la pella por planta, por el efecto de los niveles de AOLA, por otro lado la (figura 17), nos muestra las diferencias matemáticas del peso de las pellas en los diferentes niveles de AOLA, en el cultivo de Brócoli.

Cuadro 11. ANVA peso de la pella por planta

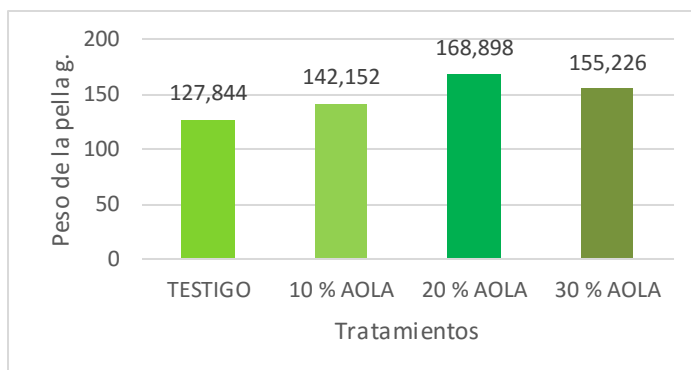
<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F cal.</i>	<i>F crítico</i>
Niveles de AOLA	3	4641,41	1547,13	54,09	3,24 **
Error experimental	16	457,62	28,60		
Total	19	5099,03			
CV = 3,60 %	MEDIA GENERAL = 148,53g				

En el ANVA se muestra que hay una diferencia significativa en los niveles de AOLA en el peso de la pella por planta, el coeficiente de variación es de 3,60% esto nos indica que los datos son confiables. Y una media general de 148,53g de la pella por planta, la cual está en los rangos en comparación a otras investigaciones, por otro lado esto se debería a las características genéticas de la variedad su adaptabilidad en las alturas, y el efecto de AOLA.

Al respecto Condori (2010), encontró promedios del peso de la pella de un 179,21g para la variedad Montecristo y 164,06g para la variedad Dalmira, gracias al efecto de los fitoestimulantes, por otro lado Mamani (2014), encontró promedio similar para la variedad Di Cicco de 105,78g, y asume que el resultado se debe a las características genéticas de cada variedad, mientras en la presente investigación se debió al efecto directo de AOLA sobre el peso de la pella del cultivo de brócoli.

Puenayan, et. al (2009), en un estudio realizado en Colombia obtuvo resultados de fertilización química de N-P-K con un promedio de 500g.

Figura 17. Comparación del peso de la pella por planta y en tres niveles de AOLA



En la figura se aprecia que con el nivel de AOLA de 20% se obtuvo los valores más altos de peso de la pella por planta con un promedio de 168,9 g, seguido por el nivel de AOLA de 30% con 155,22 g/planta lo que indica que cuanto más concentrado es el AOLA tiene un efecto decreciente sobre el peso de la pella y el nivel de AOLA que presentó el menor peso de la pella fue el de 10% con un promedio de 142,15 g, sin embargo supero al testigo que solo alcanzó un promedio de 127,84 g lo que verifica que hubo un efecto benéfico directo de los niveles de AOLA, siendo el mejor nivel de 20% de AOLA para el cultivo de brócoli.

El caso decreciente del peso de la pella a mayores concentrados de AOLA, puede ser debido a la alta presencia de Ca la cual bloquea la absorción de nutrientes en la formación de la pella, así mismo se considera el B que tiene las crucíferas y son inmóviles y la alta presencia de B causa un efecto antagónico.

5.2.2. Rendimiento del cultivo de brócoli

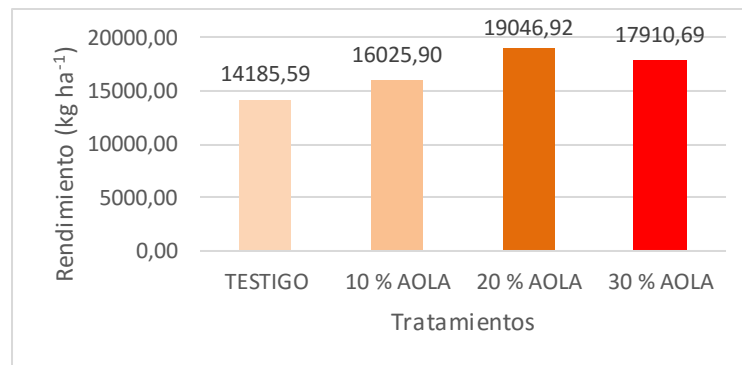
En (cuadro 12), se presenta el análisis de varianza para el rendimiento, observando que existe una alta significancia estadística para los niveles de AOLA, con una media general de 16792,28 kg ha^{-1} de Brócoli. En la (figura 18), también nos muestra las diferencias estadísticas para los niveles de abonamiento orgánico líquido aeróbico AOLA, sobre el rendimiento de Brócoli.

Cuadro 12. ANVA Rendimiento del cultivo de brócoli.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F cal.</i>	<i>F critico</i>
Niveles de AOLA	3	68582189,1	22860729,7	30,08	3,24 **
Error experimental	16	12159334,7	759958,42		
Total	19	80741523,8			
CV = 5,19%		MEDIA GENERAL = 16792,28kg ha⁻¹			

Del ANVA, nuestra que existe una diferencia estadística entre los niveles de AOLA en el rendimiento de brócoli, por lo que asumimos que hubo efectos positivos en el rendimiento por la aplicación de los niveles de AOLA, cuya influencia benéfica se debería más que el contenido de N, P, y K a los sustancias orgánicas sintetizadas durante la aolificación el coeficiente de variación fue de 5,19% que es aceptable para estos tipos de ensayos en el campo, y así mismo los datos obtenidos son confiables.

Figura 18. Comparación del rendimiento por el efecto de los niveles de AOLA



En la figura se aprecia que existe amplias diferencias numéricas, el nivel de AOLA al 20%, es el mejor tratamiento obteniendo con un promedio de 19046,92 kg ha⁻¹ lo que verifica que este nivel de AOLA es más efectivo lo que se explica por su contenido de nutrientes y sustancias orgánicas biosintetizados que favorecen al rendimiento del brócoli, su efecto además si se aplica dosis más altas de AOLA el rendimiento baja como en el caso del nivel de AOLA de 30% tiene un efecto de disminución del rendimiento alcanzando un promedio de 17910,69 kg ha⁻¹, luego seguido del nivel de AOLA de 10% con promedio de 16025,90 kg ha⁻¹, superando al testigo que solo obtuvo un promedio de

14185,59 kg ha⁻¹ por lo que se puede concluir que AOLA tiene un efecto benéfico directo sobre el rendimiento del cultivo de brócoli.

Al respecto Vallejos (2013), obtuvo rendimientos similares con fertilización química en una evaluación de variedades de brócoli con rendimientos de 11000 kg ha⁻¹ a 16111 kg ha⁻¹. Estas variaciones son debido a las localidades y las características genéticas de cada variedad.

También Mamani (2014), encontró rendimientos de variedad Di Cicco igual a 10987 kg ha⁻¹, también indica que es debido a las características genéticas de la variedad, por otro lado también encontró los efectos positivos de densidad de siembra en el rendimiento del cultivo de brócoli. En todos los casos nuestro experimento con AOLA supera ampliamente con los rendimientos obtenidos. Por otro lado Copari (2015), Indica que el rendimiento depende de las características genéticas de cada variedad, sin embargo no encontró efectos de Biol sobre el rendimiento de las variedades de brócoli.

5.3. Caracterización del abono orgánico líquido aeróbico (AOLA) utilizado

Abono orgánico líquido aeróbico AOLA, se obtiene de abonos descompuestos como humus de lombriz, compost. Con una constante oxigenación permitiendo el desarrollo de los microorganismos biosintetizando a los compuestos orgánicos y nutrientes disponibles.

Cuadro 13. Análisis de macronutrientes del abono orgánico líquido aeróbico (AOLA)

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
Nitrógeno (NO ₃)	Kjeldahl	mg N lt ⁻¹	48
Fosforo (PO ₄)	Espectrofotometría UV-visible	mg P lt ⁻¹	12
Potasio	Emisión atómica	mg K lt ⁻¹	99
Carbono orgánico	Walkley Black	%	0,019
pH	Potenciometría	-	7,18
CE	Potenciometría	mS cc ⁻¹	1,31

Fuente: Laboratorios IBTEN.

Si bien los datos de laboratorio indican una pobreza de N, P, y K, sin embargo se tiene compuesto orgánico biosintetizado en el AOLA de naturaleza desconocida que influye positivamente en el rendimiento y formación de biomasa vegetal de los cultivos. Siendo necesaria un estudio completo de los compuestos orgánicos de AOLA.

5.4. Caracterización del suelo

A continuación se presenta las características de suelo, con datos de análisis físico y químico.

5.4.1. Propiedades físicas de suelo

5.4.1.1. Densidad aparente

La densidad aparente es una propiedad dinámica que varía con la condición estructural del suelo, y es un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento de las raíces.

Cuadro 14. Densidad aparente antes de la siembra y después de la cosecha

TRATAMIENTOS	ANTES DE LA SIEMBRA	DEPUES DE LA COSECHA			
		0% DE AOLA testigo	10% DE AOLA	20% DE AOLA	30% DE AOLA
Dap gs cc ⁻¹	1,24	1,23	1,22	1,21	1,21

Fuente: Laboratorio de suelos Estación experimental de Patacamaya

En el cuadro se aprecia que la densidad del suelo en carpa solar es adecuada para el cultivo de brócoli, y claramente aplicando AOLA la densidad aparente mejora, es decir se mejora la compactación del suelo.

Según USDA (1999). Indica que para suelos francos es ideal densidades aparentes menores a 1,60 g cc⁻¹ y no afectan al crecimiento radicular del cultivo.

5.8.1.2. Porcentaje de porosidad

La porosidad es el espacio ocupado por aire y/o agua de un suelo. La reducción de la porosidad del suelo repercute en propiedades físicas desfavorables debidas a un menor aireación del suelo, menor capacidad de infiltración de agua y dificultad para la penetración de las raíces.

Cuadro 15. Porcentaje de porosidad antes de la siembra y después de la cosecha

TRATAMIENTOS	ANTES DE LA SIEMBRA	DEPUES DE LA COSECHA			
		0% DE AOLA testigo	10% DE AOLA	20% DE AOLA	30% DE AOLA
%p	50,4	50,8	51,2	51,6	51,6

Fuente: Laboratorio de suelos Estación experimental de Patacamaya

Del cuadro se aprecia que la porosidad del suelo se encuentra dentro de los rangos de alta porosidad tanto aplicando con diferentes niveles de AOLA y sin aplicar. Esto significa que el cultivo de brócoli se desarrolló sin dificultad en el perfil del suelo donde se desarrolla las raíces y así mismo en la conducción de agua el flujo capilar es rápido. Instituto de Geología Universidad Nacional Autónoma de México (2010). Califica que la porosidad del suelo en rango de 50 a 60 % se considera como alta porosidad.

5.4.2. Propiedades químicas del suelo

Cuadro 16. Análisis de macronutrientes de suelos antes de la siembra y después de la siembra

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	ANTES DE LA SIEMBRA	DESPUÉS DE LA COSECHA			
				T1 0% DE AOLA	T2 10% DE AOLA	T3 20% DE AOLA	T4 30% DE AOLA
pH en agua 1:5	Potenciometría	-	8,32	8,15	8,56	8,36	8,18
CE 1:5	Conductancia	dS m ⁻¹	0,87	0,871	0,578	0,684	0,511
Nitrógeno (N)	Kjeldahl	%	0,27	0,45	0,31	0,36	0,36
Fosforo (P)	espectrofotometría UV-visible	pmm	434,51	361,24	346,68	356,69	294,81
Potasio (k) intercambiable	Emisión atómica	Meq(100g) ⁻¹	3,18	4,15	3,23	3,36	2,69

Fuente: Laboratorios IBTEN

Del cuadro se aprecia que el pH en el suelo aplicando AOLA con tres niveles se califica moderada a fuertemente alcalina, el testigo y la muestra antes de la siembra se encuentran en los rangos de interpretación moderadamente alcalina, estos resultados son aceptables en los suelos de lugar y así mismo para el cultivo de brócoli.

La conductividad eléctrica que se observa en el (cuadro 16) los valores bajan aplicando los niveles de AOLA esto significa que cuando aplicas más AOLA la conductividad eléctrica del suelo baja.

El nitrógeno total (N) en el suelo se aprecia que están en los rangos aceptables donde aplicando AOLA aumenta el porcentaje de nitrógeno, para el fosforo asimilable (P) significan que aplicando AOLA por riego, el cultivo de brócoli aprovecha el fosforo asimilable sin dificultad y finalmente para el potasio intercambiable (K) de la misma forma que el fosforo, el cultivo de brócoli asimila el potasio intercambiable sin dificultad.

5.5. Evaluación económica

El análisis económico, se realizó siguiendo el Método de costos de producción, para la estimación de costos comparativos entre Tratamientos, En la figura 19, y cuadro 17, se aprecia los costos comparativos por la aplicación de niveles de AOLA.

Cuadro 17. Relación beneficio costo por tratamiento

TRATAMIENTOS	INGRESO NETO/ha	BENEFICIO NETO/ha	BENEFICIO/COSTO
T1 (testigo)	204272,49	67572,49	1,49
T2 (10% de AOLA)	230772,92	90072,92	1,64
T3 (20% de AOLA)	274275,69	131575,69	1,92
T4 (30% de AOLA)	257913,96	113213,96	1,78

5.5.1. Ingreso neto

En el cuadro se aprecia que el mayor ingreso neto es con el nivel de AOLA al 20% con un promedio de 274275,69 Bs/ha, mientras el testigo 0% de AOLA obtuvo menor ingreso neto con un promedio de 204272,49 Bs/ha, y los tratamientos de 10% y 30% de AOLA tienen promedios intermedios de 230772,92 y 257913,96 Bs/ha respectivamente.

5.5.2. Beneficio neto

El tratamiento con mayor beneficio neto es la que se aplicó con un 20% de AOLA con un promedio de 131575,69 Bs/ha, seguido del tratamiento con el nivel de AOLA al 30% con un promedio de 113213,96 Bs/ha y el que obtuvo menor beneficio neto es aquel tratamiento que no se aplicó AOLA o sea el testigo.

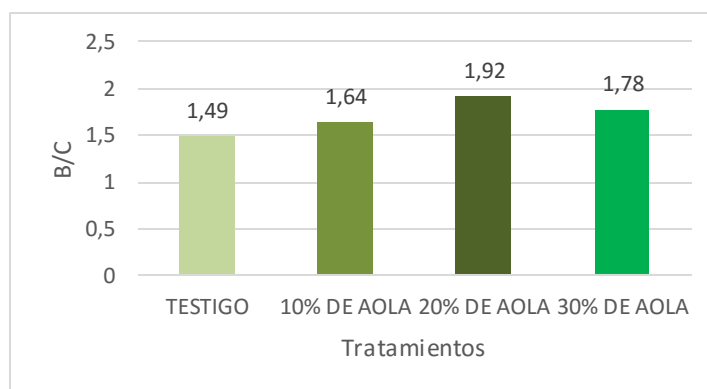
A comparacion con otros autores estos resultados son altos, esto se debe a la diferencia de densidad de siembra y el efecto positivo de abono orgánico liquido aeróbico (AOLA).

Al respecto Copari, (2015), indica que en una investigación con Biol en dos variedades de brocoli bajo riego por goteo encontro 9424 Bs/ha para la variedad Calabrece y 4963 Bs/ha para la variedad Di Cicco.

Tambien Vallejos, (2013), en una investigacion en 7 variedades en el cultivo de brocoli obtuvo un beneficio neto de 26701,92 Bs/ha, y claramente nuestra investigacion supera los valores de los anteriores autores esto significa que hay efecto positivo de los niveles de AOLA.

5.5.3. Beneficio costo

Figura 19. Comparación de beneficio costo en los cuatro tratamientos



En la figura nos muestra que el tratamiento con la aplicación de AOLA al 20% fue mejor con un beneficio costo de 1,92. Esto quiere decir que por cada 1 Bs invertido se gana 0,92 Bs. Seguido del tratamiento al 30% de AOLA con un beneficio costo de 1,78 Y claramente se muestra que el testigo y la aplicación de AOLA al 10% son bajos aun así se tiene ganancias razonables.

Al respecto Mamani (2014), obtuvo un beneficio costo de 1 a 1,77 en una investigación realizada de tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli, por otro lado Condori (2010), en una investigación realizada con fertilizacion foliar (multifoliar) en dos variedades de brocoli indica que obtuvo beneficios costos de 1,2 a 2,4 que son muy rentables.

6. CONCLUSIONES

De los resultados experimentales obtenidos bajo ambiente controlado con la aplicación de tres niveles de AOLA en riego por goteo en provincia Aroma, Estación Experimental de Patacamaya dependiente de UMSA se concluyó que:

El brócoli variedad Di Cicco tiene un rápido crecimiento aplicando AOLA, alcanzando una altura de planta promedio de 81,85 cm hasta el día de cosecha en 90 días como promedio general, la cual también se considera que la variedad es precoz, número de hojas los que mejor resultaron fueron con los niveles de AOLA al 20% y 30% con promedios similares de 12 hojas por planta, diámetro del tallo fue mejor con la dosis de 30% de AOLA con promedio de 2,86 cm, la variable días a la aparición de la pella donde con la dosis de 30% de AOLA las pellas aparecieron alrededor de 89,75 días.

En rendimiento y análisis económico, el peso de pella por planta resultó con altos valores el T3 con un nivel de AOLA al 20% alcanzando alrededor de 168,89g, y el mismo tratamiento resultó mejor en rendimiento con promedio de 19046,92 kg ha⁻¹ y un beneficio costo de 1,92 con ganancias de 131575,69 Bs ha⁻¹, seguido de T4 con 17910,69 kg ha⁻¹ y 1,78 de beneficio costo con un beneficio neto de 113213,97 Bsha⁻¹, estos valores altos a comparación de otros autores, se debió a la densidad de siembra de 30 cm entre plantas y 40 cm entre surcos.

Abono orgánico líquido aeróbico AOLA, se considera con regulador de salinidad ya que la conductividad eléctrica baja cuando aplicas mayores niveles de AOLA.

Tomando en cuenta los síntomas se puede ver que los nutrientes que causan antagonismo en el cultivo de brócoli serían, el Ca en la floración prematura y además bloquea la absorción de nutrientes, B hojas delgadas y contienen todas las crucíferas, Zn reducción en la formación del brote y K tallos débiles en brócoli y competencia de absorción con N.

7. RECOMENDACIONES

Según los resultados y conclusiones de la presente investigación se recomienda lo siguiente.

Realizar investigación probando otras variedades ya que la variedad Di Cicco en la investigación tiene un crecimiento rápido alcanzando altos valores de altura de planta con un promedio general de 81,85 cm, así mismo probar a campo abierto en las épocas de primavera ya que es resistente a heladas o bajas temperaturas.

Se debe realizar el deshoje cuando supere 10 hojas existentes debido a que las hojas debilitan el tallo haciendo caer al suelo y así mismo baja los rendimientos.

Se debe abrir las ventanas o instalar sistema de ventilación en la etapa de la florescencia por que las pellas de brócoli llegan a florecer a altas temperaturas y se debe mantener a 20 a 25 °C dentro de carpa solar.

El nivel de concentración de AOLA adecuado para el cultivo de brócoli es el 20%, es decir a 80 lt de agua debes adicionar 20 lt de AOLA. Ya que los rendimientos, el desarrollo de la planta y réditos económicos es mejor con esta dosis.

Se recomienda el estudio completo de las sustancias orgánicas biosintetizados que componen el AOLA, para conocer aquellos componentes que benefician el rendimiento y la formación de biomasa vegetal de los cultivos de hortalizas. Esto con fin de tener un balance adecuado de nutrientes para el cultivo de brócoli, ya que los efectos decrecientes en las variables de respuesta altura de planta, rendimientos y aparición de pellas en menor tiempo se puede deber a efectos antagónicos y sinergismo de nutrientes.

8. BIBLIOGRAFÍA

AGEXPORT, Asociación Guatemalteca de Exportadores. 2008. Brócoli, Guatemala. 40 p. Consultado en jun. 2017 Disponible en: www.export.org.gt .

Alanoca, L. M. 2017. Efecto de AOLA en la producción del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en la estación Experimental de Patacamaya. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 90 p.

Barahona, M. 1998. Manual Hortícola, Primera edición, Sangolquí, Ecuador, 24 p

Chilon, E., Chilon, J. 2015. Potencialidades para la agricultura y la preservación del medio ambiente del Abono Orgánico Líquido Aeróbico (AOLA). Ciencia Agro. 1: 35-40.

Copari, A. 2015. Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de biol en dos variedades del cultivo de brócoli (*Brasica oleracea*) bajo el sistema de riego por goteo en carpa solar. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 134 p.

Condori, Y. 2010. Efecto de la fertilización foliar en el cultivo de dos variedades de brócoli bajo diferentes concentraciones en el altiplano central. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 104 p.

CREA, centro nacional de estudios de agua, 2005. Fertirrigación, Nº 11. Universidad Castilla. La Mancha, 8 p.

Casseres, E., 1980. Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura (IICA). 3 ed. San José- Costa Rica. 387 p.

Dillar, R., North Carolina Department and Consumer Services. 2007. Historia de brócoli. 5 p. consultado en ago. 2017. Disponible en: www.ncar.gov/fooddrug/espanol/documents/brocoli.pdf

FAO, Organización de Agricultura y Alimentos. 2010. Todo lo relacionado a consumo, producción, precios, comercio de frutas y verduras. Consultado en ago. 2017. Disponible en. <http://faostat.fao.org> .

FAO, Organización de Agricultura y Alimentos. 2010. Información agraria, evolución de precios y requisitos del mercado en frutas y verduras. Consultado en ago. 2017. Disponible en. www.infoagro.com .

FHIA, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2004. Respuesta del cultivo del brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio. 37 p.

Instituto de Geología. 2010. Manual de Procedimientos Analíticos laboratorio de Física de Suelos. Universidad Nacional Autónoma de México. 56 p.

Jaramillo, J. E., Díaz, C. 2006. El cultivo de las crucíferas corporación colombiana de investigación Agropecuaria COPROICA. Centro de investigación La Selva Rio Negro, Antioquia, Colombia. 10 p.

Krarup, C. 1992. Seminario sobre la producción de Brócoli. Quito, Ecuador. PROEXANT-AGRIDEC/ CHEMONICS. 25 p.

Lestrangle, M.; Mayberry, K.; Koyke, S. y Valencia J. 2003. Producción de brócoli en California. Centro de información e investigación de Hortalizas, serie producción de hortalizas. University of California – Division of Agriculture and Natural Resources Publication 7211-Spanish. Consultado en julio 2017. Disponible En: <http://vric.ucdavis.edu/veginfo/commodity/broccoli/Broccoli-spanish.pdf> . 4 p.

Laura, E. P. 2000. Principios Ecológicos en Agricultura. Editorial Graficas Rogar, Madrid, España, 315 p.

Lázaro, E.1982. Compendio de la Flora Española, vol.2. Madrid, España.134 p.

Mapa geográfico de provincia aroma consultado en septiembre de 2017, disponible en:
<http://www.educa.com.bo/sites/default/files/la-paz-provincia-aroma-0116.jpg>

Mita, E. X., 2016. Efecto del abono orgánico líquido aeróbico en la producción del cultivo de quirquiña (*Porophyllum ruderale*), en invernadero en la estación experimental de Patacamaya. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 87p.

Mamani, M. R. 2015. Efecto de la fertilización química y orgánica en la productividad del cultivo de acelga (*Beta vulgaris*) en el centro experimental de Patacamaya. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 122p.

Mamani, V. P. 2014. Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el centro experimental de Cota cota. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 118 p.

Martines, L. FNDR, Fondo Regional de Desarrollo Regional, 1998. Manual de fertirrigacion, La Serena, Chile. 80p.

Ogden, S. 1992. Step by Step Organic vegetable gardenig. US. Collin. 192 p.

Puenayan, A., Córdoba, F., Unigarro, A., 2009. Respuesta del brócoli *Brassica oleracea* var. Itálica. Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Nariño, revista de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Colombia. 150-162 p

Ramirez, D. 1995. Incidencia de la densidad de siembra y fitorreguladores en la calidad de Brócoli en Cochabamba Bolivia. 22 p.

Rodriguez, S. F. 1987. Riego por goteo. Editorial A.G.T. S.A. Distrito Federal, México. 71 p.

SEDACRUZ, Departamental Agropecuario de Santa Cruz. 2017. Producción del cultivo de brócoli en Bolivia, Zanta Cruz – Bolivia, 5 p.

SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016. Datos Climáticos. Patacamaya, Bolivia.

USDA, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. 88 p.

Vallejos, Z. E. 2013. Evaluación de siete variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) en dos localidades de Pichincha. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 102 p.

Vargas, M.R., Chipana, R. y Huayta, E. C. 2007. Inyector de fertilizante tipo Venturi construcción y evaluación. La Paz, Bolivia. 11 p.

Vilaña, I., 2004. Efecto de la aplicación alternada de fungicidas, fosfonatos y evergreen, en el control del pie negro (*Phoma lingam*) y otras enfermedades en brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*). Tesis Ing. Agrop. Sangolquí – Ecuador. Escuela Politecnica del Ejercito Facultad de Ciencias Agropecuarias I.A.S.A. 229 p.

Vallejos, L., 1995. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario Boletín Técnico N°3 nuevas variedades de Brócoli para los valles de Cochabamba. 12 p.

Valadez, A., 1993. Producción de Hortalizas, México, Editorial LIMUSA. 55 p. Vera, C y

Vermeiren L., Jobling G. A. 1986. Riego localizado. Roma-Italia. 1-13. P.

Wettstein, R., 1994, Tratado de Botánica Sistemática. Editorial Labor. Barcelona, España.

Unterladtatter, T. 2000. La horticultura en el sub trópico húmedo y sub húmedo de Bolivia. Asociación XXI. Del libro Cochabamba BO. 50 p.

Zamora, E. 2016. El cultivo de brócoli, División de Ciencias Biológicas y de la Salud - Departamento de Agricultura y Ganadería – Hermosillo, Sonora México. 8 p.

ANEXOS

Anexos 1. Fotografías del cultivo desde el trasplante hasta la cosecha



Anexos 2. Análisis químico de Abono Orgánico Líquido Aeróbico (AOLA)



MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE ABONOS

INTERESADO : *ADOLFO BLANCO CHURA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia MURILLO
COTA COTA

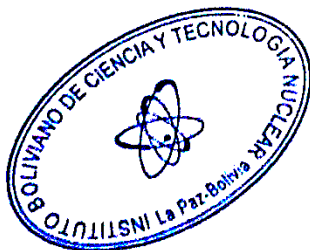
N° SOLICITUD: *148 / 2016*
FECHA DE RECEPCION : *24 / Agosto / 2016*
FECHA DE ENTREGA : *26 / Septiembre / 2016*

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

PRODUCTO : *MUESTRA DE FERTILIZANTE: Fertilidad de suelos - AOLA.*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
657-01 /2016	Nitrógeno	0,048	g / L N	Kjeldahl
657-02 /2016	Fósforo	0,012	g / L P	Espectrofotometría UV-Visible
657-03 /2016	Potasio	0,099	g / L K	Emisión atómica
657-04 /2016	Carbono orgánico	0,019	%	Walkley Black
657-05 /2016	pH	7,18	-	Potenciometría
657-06 /2016	Coductividad eléctrica	1,31	mS / cm	Potenciometría

OBSERVACIONES.- *Resultados en base húmeda.*



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

Anexos 3. Analices químico de suelos antes de la siembra

INTERESADO : *ADOLFO BLANCO CHURA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia: AROMA
PATACAMAYA

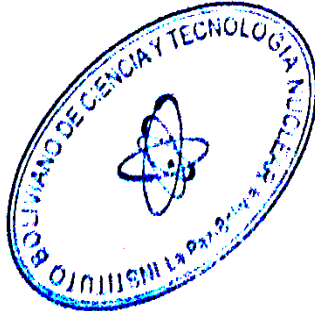
NO SOLICITUD: *147/2016*
FECHA DE RECEPCION : *24 / Agosto / 2016*
FECHA DE ENTREGA : *19/ Septiembre/ 2016*

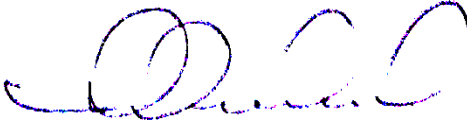
ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA - UMSA

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO Patacamaya*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
656-01 /2016	pH en agua 1:5	8,32	-	Potenciometría
656-02 /2016	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,871	dS/m	Conductancia
656-03 /2016	Potasio intercambiable	3,18	meq/100 g	Emisión atómica
656-04 /2016	Nitrógeno total	0,27	%	Kjeldahl
656-05 /2016	Fósforo asimilable	4,51	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- ** Potasio intercambiable extraído con Acetato de amonio 1 N.




RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

Anexos 4. Análisis químico del suelo por tratamiento después de la cosecha



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO: **ADOLFO BLANCO CHURRA** NO SOLICITUD: 1244 / 2017
 PROCEDENCIA: **Departamento LA PAZ,** FECHA DE RECEPCIÓN: 03 Julio / 2017
 Provincia **AROMA** FECHA DE ENTREGA: 31 Julio / 2017
PATACAMAYA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA - UMSA

DESCRIPCIÓN: **MUESTRA DE SUELO : T - 1 ; 0 % de AOLA**

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
365-01 / 2017	ARENA	37	%	Hidrómetro de Bouyoucos
365-02 / 2017	ARCILLA	21	%	Hidrómetro de Bouyoucos
365-03 / 2017	LIMO	42	%	Hidrómetro de Bouyoucos
365-04 / 2017	CLASE TEXTURAL	F	-	Hidrómetro de Bouyoucos
365-05 / 2017	GRAVA	7.2	%	Gravimetría
365-06 / 2017	CARBONATOS LIBRES	PP	-	Reacción ácida
365-07 / 2017	pH en agua 1:5	8.15	-	Potenciometría
365-08 / 2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0.871	dSm	Conductancia
365-09 / 2017	Potasio intercambiable	4.15	meq/100 g	Emisión atómica
365-10 / 2017	Nitrógeno total	0.45	%	Kjeldahl
365-11 / 2017	Fósforo asimilable	361.24	ppm	Espectrofotometría UV Visible

OBSERVACIONES: ** Potasio intercambiable extraído con Acetato de amonio 1 N
 CARBONATOS LIBRES: A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F: Franco Y: Arcilloso FA: Franco Arenoso YL: Arcilloso Limoso
 L: Limoso YA: Arcilloso Arenoso AF: Arenoso Franco FYL: Franco Arcilloso Limoso
 A: Arenoso FYA: Franco Arcilloso Arenoso FY: Franco Arcilloso FL: Franco Limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CARRASCA

Of. Av. 6 de Agosto 2005, Tel: 2433481 2433039 2433877 2128833 Fax: (504) 21 2433061 La Paz, Bolivia, correo: ibten@ibten.gov.bo Email: ibten@ibten.gov.bo * Página Web: www.ibten.gov.bo

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO: **ADOLFO BLANCO CHURRA** NO SOLICITUD: 1248 / 2017
 PROCEDENCIA: **Departamento LA PAZ,** FECHA DE RECEPCIÓN: 03 Julio / 2017
 Provincia **AROMA** FECHA DE ENTREGA: 31 Julio / 2017
PATACAMAYA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA - UMSA

DESCRIPCIÓN: **MUESTRA DE SUELO : T - 2 ; 10 % de AOLA**

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
366-01 / 2017	ARENA	41	%	Hidrómetro de Bouyoucos
366-02 / 2017	ARCILLA	19	%	Hidrómetro de Bouyoucos
366-03 / 2017	LIMO	40	%	Hidrómetro de Bouyoucos
366-04 / 2017	CLASE TEXTURAL	F	-	Hidrómetro de Bouyoucos
366-05 / 2017	GRAVA	0.0	%	Gravimetría
366-06 / 2017	CARBONATOS LIBRES	PP	-	Reacción ácida
366-07 / 2017	pH en agua 1:5	8.56	-	Potenciometría
366-08 / 2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0.578	dSm	Conductancia
366-09 / 2017	Potasio intercambiable	3.23	meq/100 g	Emisión atómica
366-10 / 2017	Nitrógeno total	0.31	%	Kjeldahl
366-11 / 2017	Fósforo asimilable	346.68	ppm	Espectrofotometría UV Visible

OBSERVACIONES: ** Potasio intercambiable extraído con Acetato de amonio 1 N
 CARBONATOS LIBRES: A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

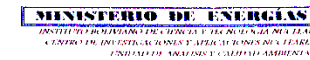
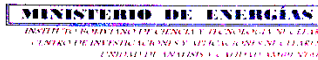
CLASE TEXTURAL

F: Franco Y: Arcilloso FA: Franco Arenoso YL: Arcilloso Limoso
 L: Limoso YA: Arcilloso Arenoso AF: Arenoso Franco FYL: Franco Arcilloso Limoso
 A: Arenoso FYA: Franco Arcilloso Arenoso FY: Franco Arcilloso FL: Franco Limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CARRASCA

Of. Av. 6 de Agosto 2005, Tel: 2433481 2433039 2433877 2128833 Fax: (504) 21 2433061 La Paz, Bolivia, correo: ibten@ibten.gov.bo Email: ibten@ibten.gov.bo * Página Web: www.ibten.gov.bo



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO: **ADOLFO BLANCO CHURRA** NO SOLICITUD: 1242 / 2017
 PROCEDENCIA: **Departamento LA PAZ,** FECHA DE RECEPCIÓN: 03 Julio / 2017
 Provincia **AROMA** FECHA DE ENTREGA: 31 Julio / 2017
PATACAMAYA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA - UMSA

DESCRIPCIÓN: **MUESTRA DE SUELO : T - 3 ; 20 % de AOLA**

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
367-01 / 2017	ARENA	40	%	Hidrómetro de Bouyoucos
367-02 / 2017	ARCILLA	18	%	Hidrómetro de Bouyoucos
367-03 / 2017	LIMO	42	%	Hidrómetro de Bouyoucos
367-04 / 2017	CLASE TEXTURAL	F	-	Hidrómetro de Bouyoucos
367-05 / 2017	GRAVA	0.0	%	Gravimetría
367-06 / 2017	CARBONATOS LIBRES	PP	-	Reacción ácida
367-07 / 2017	pH en agua 1:5	8.36	-	Potenciometría
367-08 / 2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0.684	dSm	Conductancia
367-09 / 2017	Potasio intercambiable	3.36	meq/100 g	Emisión atómica
367-10 / 2017	Nitrógeno total	0.36	%	Kjeldahl
367-11 / 2017	Fósforo asimilable	356.69	ppm	Espectrofotometría UV Visible

OBSERVACIONES: ** Potasio intercambiable extraído con Acetato de amonio 1 N
 CARBONATOS LIBRES: A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F: Franco Y: Arcilloso FA: Franco Arenoso YL: Arcilloso Limoso
 L: Limoso YA: Arcilloso Arenoso AF: Arenoso Franco FYL: Franco Arcilloso Limoso
 A: Arenoso FYA: Franco Arcilloso Arenoso FY: Franco Arcilloso FL: Franco Limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CARRASCA

Of. Av. 6 de Agosto 2005, Tel: 2433481 2433039 2433877 2128833 Fax: (504) 21 2433061 La Paz, Bolivia, correo: ibten@ibten.gov.bo Email: ibten@ibten.gov.bo * Página Web: www.ibten.gov.bo

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO: **ADOLFO BLANCO CHURRA** NO SOLICITUD: 1248 / 2017
 PROCEDENCIA: **Departamento LA PAZ,** FECHA DE RECEPCIÓN: 03 Julio / 2017
 Provincia **AROMA** FECHA DE ENTREGA: 31 Julio / 2017
PATACAMAYA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA - UMSA

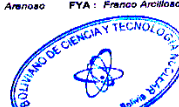
DESCRIPCIÓN: **MUESTRA DE SUELO : T - 4 ; 30 % de AOLA**

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
368-01 / 2017	ARENA	41	%	Hidrómetro de Bouyoucos
368-02 / 2017	ARCILLA	20	%	Hidrómetro de Bouyoucos
368-03 / 2017	LIMO	39	%	Hidrómetro de Bouyoucos
368-04 / 2017	CLASE TEXTURAL	F	-	Hidrómetro de Bouyoucos
368-05 / 2017	GRAVA	0.0	%	Gravimetría
368-06 / 2017	CARBONATOS LIBRES	PP	-	Reacción ácida
368-07 / 2017	pH en agua 1:5	8.18	-	Potenciometría
368-08 / 2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0.511	dSm	Conductancia
368-09 / 2017	Potasio intercambiable	2.69	meq/100 g	Emisión atómica
368-10 / 2017	Nitrógeno total	0.26	%	Kjeldahl
368-11 / 2017	Fósforo asimilable	294.81	ppm	Espectrofotometría UV Visible

OBSERVACIONES: ** Potasio intercambiable extraído con Acetato de amonio 1 N
 CARBONATOS LIBRES: A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F: Franco Y: Arcilloso FA: Franco Arenoso YL: Arcilloso Limoso
 L: Limoso YA: Arcilloso Arenoso AF: Arenoso Franco FYL: Franco Arcilloso Limoso
 A: Arenoso FYA: Franco Arcilloso Arenoso FY: Franco Arcilloso FL: Franco Limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO
 JORGE CARRASCA

Of. Av. 6 de Agosto 2005, Tel: 2433481 2433039 2433877 2128833 Fax: (504) 21 2433061 La Paz, Bolivia, correo: ibten@ibten.gov.bo Email: ibten@ibten.gov.bo * Página Web: www.ibten.gov.bo

Anexos 5. Costos de producción por tratamiento

COSTOS DE PRODUCCIÓN				
INGRESO NETO				
RENDIMIENTOS	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Rendimiento Promedio (kg ha-1)	14185,59	16025,9	19046,92	17910,69
Rendimiento ajustado (-10%)	12767,03	14423,3	17142,23	16119,62
Precio Bs/kg	8	8	8	8
Ingreso neto (Bs/ha)	102136,24	115386,46	137137,84	128956,98
Número de campañas	2	2	2	2
Ingreso neto (Bs/ha)	204272,49	230772,92	274275,69	257913,96
COSTOS VARIABLES				
ÍTEMS	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
AOLA (Bsha-1)	0	2000	3000	4000
Semilla (Bsha-1)	250	250	250	250
Labores culturales Bs ha-1	40000	40000	40000	40000
Total costo campaña	40250	42250	43250	44250
Número de campaña	2	2	2	2
Total costo variable año	80500	84500	86500	88500
COSTOS FIJOS				
ÍTEMS	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Tuberías y cintas de goteo	45000	45000	45000	45000
Accesorios	5000	5000	5000	5000
Bomba de agua	1200	1200	1200	1200
Tanque agua	5000	5000	5000	5000
Total costos fijos	56200	56200	56200	56200
COSTOS TOTALES POR TRATAMIENTO				
ÍTEMS	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Total costos variables	80500	84500	86500	88500
Total costos fijos	56200	56200	56200	56200
Total costo	136700	140700	142700	144700
BENEFICIO NETO/HA				
ÍTEMS	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Ingreso neto	204272,492	230772,92	274275,69	257913,96
Total costos	136700	140700	142700	144700
Beneficio neto/ha	67572,49	90072,92	131575,69	113213,96
BENEFICIO/COSTO				
ÍTEMS	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Ingreso neto	204272,49	230772,92	274275,69	257913,96
Total costos	136700	140700	142700	144700
Beneficio /Costo	1,49	1,64	1,92	1,78