

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**EFFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO Y DISTANCIAMIENTO DE
PLANTACIÓN ADECUADA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO
DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.) ECOTIPO
CAJAMARQUINA, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
AGRÍCOLA III, LOS PICHONES – TACNA**

Presentada por:

Bach. RUDDY CARLOS ABERARI GONZALES

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**EFFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO Y DISTANCIAMIENTO DE
PLANTACIÓN ADECUADO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO
DE AGUAYMANTO (*Phisalis peruviana* L.) ECOTIPO
CAJAMARQUINA, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
AGRÍCOLA III, LOS PICHONES - TACNA**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 09 DE AGOSTO DEL 2017,
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

SECRETARIO:



Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

VOCAL:



Mgr. VIRGILIO SIMÓN VILDOSO GONZALES

ASESOR:



MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

DEDICATORIA

A mis padres Josefina y Saturnino por su apoyo; sus consejos, sus valores, y la motivación constante que ha permitido ser una persona de bien, ellos son ejemplo de perseverancia y constancia.

A Edwin, mi hermano mayor, ejemplo de persona, y a mis de más hermanos.

Al Dr. Arístides Choquehuanca Tintaya quien me asesoró durante la elaboración de la tesis.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A técnico Ismael Mollinedo y al Ing. Gladys Huallpa, por haber infundido todo sus conocimientos durante la investigación.

Agradezco de manera muy especial a los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, quienes me transmitieron sus conocimientos y experiencias durante mi formación profesional.

A la promoción 2015, por los momentos compartidos durante los 5 años de la formación universitaria.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	2
1.1 . Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Delimitación de la investigación.....	4
1.3.1. Temporal	4

1.3.1. Espacial	4
1.4. Justificación.....	5
CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	7
2.1. Objetivos	7
2.1.1. General	7
2.1.2. Especifico.....	7
2.1. Hipótesis	8
2.2.1. General	8
2.2.2. Específica	8
2.3. Operacionalización de variables	8
2.3.1. Independientes.....	8
2.3.2. Dependientes	9
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO.....	10
3.1. Conceptos generales.....	10
3.1.1. Origen	10

3.1.2. Importancia y distribución en el Perú.....	10
3.1.3. Valor nutritivo	12
3.1.4. Descripción general.....	13
3.1.4.1. Botánica	13
3.1.5. Fenología del cultivo	18
3.1.6. Requerimientos agroclimáticos	22
3.2. Distanciamientos de plantación	25
3.3. Requerimiento de nitrógeno	27
3.3.1. Movilización del nitrógeno	28
3.3.2. Funciones del nitrógeno	29
3.4. Antecedentes	31
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
4.1 . Tipo de investigación	34
4.2. Localización del área experimental.....	34
4.3. Historial del campo experimental.....	34

4.4. Análisis de físico – químico del suelo	34
4.5. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo.	36
4.6. Material experimental	37
4.6.1. Características del ecotipo cajamarquina	37
4.6.2. Característica de la urea	37
4.7. Factores en estudio	38
4.8. Variables evaluadas	40
4.8.1. Altura de planta (cm)	40
4.8.2. Número de frutos (unidad).....	40
4.8.3. Diámetro del fruto (cm).....	40
4.8.4. Peso de 10 frutos (g).....	40
4.8.5. Longitud de cáliz (cm)	41
4.8.6. Rendimiento t/ha	41
4.9. Diseño Experimental	41
4.9.1. Diseño plan puebla I.....	41

4.10. Características de campo experimental.....	42
4.10.1. Parcela.....	42
4.10.2. Bloques	42
4.10.3. Unidad experimental	43
4.11. Aleatorización del campo experimental	43
4.12. Análisis estadístico	44
4.13. Establecimiento y manejo del cultivo	45
4.13.1. Medición de la parcela experimental	45
4.13.2. Siembra de semilla en bandejas.....	45
4.13.3. Preparación del terreno	45
4.13.5. Apertura de hoyos	46
4.13.6. Trasplante	46
4.13.7. Riego.....	46
4.13.8. Control de malezas	47
4.13.9. Plagas y enfermedades.....	47

4.13.10. Cosechas	48
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
5.1. Altura de planta	49
5.2. Número de frutos por planta	53
5.3. Diámetro de fruto (cm).....	56
5.4. Peso de 10 frutos (g).....	60
5.5. Longitud del cáliz.....	63
5.6. Rendimiento de frutos en toneladas por hectárea	67
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.	9
Tabla 2. Composición y contenido nutricional del aguaymanto.....	12
Tabla 3. Análisis Físico – Químico del suelo experimental.	35
Tabla 4. Datos meteorológicos registrados en el CEA III Los Pichones – Tacna.....	36
Tabla 5. Tratamientos con valores codificados y valores reales según el diseño plan puebla I.....	39
Tabla 6. Análisis de varianza de altura de planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina.....	49
Tabla 7. Análisis de regresión de altura de planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina.....	50
Tabla 8. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de altura de planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	50
Tabla 9. Análisis de varianza de número de frutos por planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	53

Tabla 10. Análisis de regresión de número de frutos por planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	53
Tabla 11. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de número de frutos por planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	54
Tabla 12. Análisis de varianza de diámetro de fruto de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	56
Tabla 13. Análisis de regresión de diámetro de fruto de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	57
Tabla 14. Prueba de coeficientes de diámetro de fruto de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	57
Tabla 15. Análisis de varianza de peso de 10 frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	60
Tabla 16. Análisis de regresión de peso de 10 frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	60
Tabla 17. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso de 10 frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina. ...	61

Tabla 18. Análisis de varianza de longitud de cáliz de aguaymanto ecotipo cajamarquina.....	63
Tabla 19. Análisis regresión de longitud de cáliz de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	64
Tabla 20. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de longitud de cáliz de aguay manto ecotipo cajamarquina.	64
Tabla 21. Análisis de varianza de rendimiento de frutos en toneladas por hectárea de aguaymanto ecotipo cajamarquina.....	67
Tabla 22. Análisis de regresión de rendimiento de frutos en toneladas por hectárea de aguaymanto ecotipo cajamarquina.....	67
Tabla 23. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de rendimiento de frutos en toneladas por hectárea de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de tratamientos	44
Figura 2. Función cuadrática de altura de planta (cm) de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	51
Figura 3. Función lineal de altura de planta (cm) de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	52
Figura 4. Función cuadrática de número de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	55
Figura 5. Función lineal de número de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.....	56
Figura 6. Función cuadrática de diámetro de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	58
Figura 7. Función lineal de diámetro de fruto de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	59
Figura 8. Función cuadrática de peso de 10 de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.	62

Figura 9. Función lineal de peso de 10 de frutos de
aguaymanto ecotipo cajamarquina.63

Figura 10. Función cuadrática de longitud de cáliz de
aguaymanto ecotipo cajamarquina.65

Figura 11. Función lineal de longitud de cáliz de aguaymanto
ecotipo cajamarquina.66

Figura 12. Función cuadrática de rendimiento de frutos de
aguaymanto ecotipo cajamarquina.69

Figura 13. Función lineal de rendimiento de frutos de
aguaymanto ecotipo cajamarquina.70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Promedio de altura de planta.....	80
Anexo 2. Promedio de número de frutos por planta (und.).....	80
Anexo 3. Promedio de peso de 10 frutos (g).....	80
Anexo 4. Promedio de diámetro de fruto (cm)	81
Anexo 5. Promedio de longitud de caliz (cm).....	81
Anexo 6. Promedio de rendimiento de fruto por hectárea (t).....	81
Anexo 7. Costo de producción de cultivo de aguaymanto ecotipo cajamarquina.....	82
Anexo 8. Labores culturales.	83
Anexo 9. Riego, trasplante de plántula, estacado y amarrado de plántulas	84
Anexo 10. Plántulas en bandeja a los 30 días y 60 días	84
Anexo 11. Crecimiento de planta.....	85

Anexo 12. Aplicación de fertilizante urea etapa de floración y llenado de frutos	86
Anexo 13. Ataque de plagas y enfermedades	86
Anexo 14. Cosecha de aguaymanto	88
Anexo 15. Medición de muestras	89

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro experimental agrícola III, Los Pichones, cuyo objetivo fue determinar la cantidad adecuada de nitrógeno y distanciamientos en el rendimiento de aguaymanto. Los factores fueron cuatro niveles de nitrógeno: 80, 120, 160 y 200 kg/ha y cuatro distanciamientos entre plantas: 70, 110, 150 y 200 cm. Las principales variables de evaluación fueron: altura de planta, número de frutos por planta, diámetro de fruto, longitud de cáliz, peso de 10 frutos y rendimiento de fruto (t/ha). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El diseño de tratamientos fue la matriz Plan Puebla I. El área experimental fue de 21 x 27 m, con un área total de 567 m², el distanciamiento entre líneas fue de 1,5 m y entre plantas fue de acuerdo al factor en estudio. Los resultados fueron analizados con la técnica del análisis de varianza y regresión, determinando que para el rendimiento, la dosis óptima de nitrógeno fue 176,14 kg/ha, con lo que se obtuvo una producción de 15,76 t/ha.

Palabras clave: Aguaymanto, Efecto, Niveles, Óptimo, Ecotipo.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the experimental agricultural center III, Los Pichones, whose objective was to determine the adequate amount of nitrogen and distance in the yield of aguaymanto. The factors were four levels of nitrogen: 80, 120, 160 and 200 kg / ha and four distances between plants: 70, 110, 150 and 200 cm. The main evaluation variables were: plant height, number of fruits per plant, fruit diameter, calyx length, weight of 10 fruits and fruit yield (t / ha). The experimental design was randomized complete blocks with four repetitions. The design of treatments was the Plan Puebla I matrix. The experimental area was 21 x 27 m, with a total area of 567 m²; the distance between lines was 1.5 m and between plants was according to the factor under study. The results were analyzed with the analysis of variance and regression technique, determining that for the yield, the optimum dose of nitrogen was 176.14 kg / ha, with which a production of 15.76 t / ha was obtained.

Keywords: Aguaymanto, Effect, Levels, Optimal, Ecotype.

INTRODUCCIÓN

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es un cultivo distribuido en las zonas andinas de Sudamérica, es una especie vegetal utilizada en los periodos incaicos como medicina. Es una fruta exótica andina de exportación apetecida en el mercado internacional y es de reciente importancia en el Perú, debido a que sus exportaciones crecieron en un 100 % estos últimos años, por su excelente contenido de vitaminas A, C, fósforo, hierro, además por sus propiedades medicinales; actualmente en el Perú se cultiva en las regiones de Cajamarca, Junín, Áncash, Cuzco y Huancavelica.

Una de las principales características de la planta es el cáliz que envuelve el fruto desde el botón floral hasta la maduración, se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 3 000 msnm, requiere gran cantidad macronutrientes ya que esta planta produce gran cantidad de frutos, una deficiencia trae consigo disminución en la floración, crecimiento, rendimiento de biomasa, sin embargo, no existe información acerca de la nutrición mineral especialmente en nitrógeno, así mismo el distanciamiento de plantación juega un papel importante en la producción.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es de importancia reciente en Perú, debido al progresivo aumento de fruta deshidratada y por su excelente oportunidad de mercado en los países europeos siendo conocida por sus propiedades físicas, químicas, nutricionales y medicinales, además el costo por kilo supera a las demás hortalizas en un 30 % colocando en un buen posicionamiento, para que los agricultores se fijen en esta alternativa. En el Perú se siembra especialmente en los valles andinos de Cajamarca, Junín Huancavelica y Cuzco, sin embargo existe muchos ecotipos que se adecua fácilmente a varios pisos ecológicos de los que tiene el Perú, por eso puede producir en parte de la costa y de la selva. Los rendimientos reportados en condiciones de sierra y selva son entre 5 a 12 t/ha, en costa de 10 a 20 t/ha, dependiendo del tipo de suelo y manejo del cultivo. Durante los últimos cuatro años las exportaciones de aguaymanto pasaron de 160 000 dólares en el 2010 a 1,6 millones de dólares en el año 2014, lo que significó un crecimiento de 1 000 por ciento, según los datos de sierra exportadora, el 50 % de esta

exportación de fruto peruano se envía a los mercados de Estados Unidos y Alemania. Por otro lado, el mercado europeo, japonés y estadounidense tiene otra exigencia que el fruto tenga un bajo nivel de residuos perjudiciales y el cultivo requiere gran cantidad de macronutrientes como nitrógeno ya que incrementa el crecimiento del follaje, interviene en la formación de frutos y semillas, en la formación de proteínas. Una deficiencia de nitrógeno trae consigo a la planta crecimiento lento, clorosis, tallos delgados y cortos disminución de la floración, bajos rendimientos en biomasa defoliación prematura, también el distanciamiento de plantación juega un papel importante en el rendimiento del fruto. Sin embargo, la producción en Perú no cubre la demanda existente en el mercado externo, por ello, que se quiere incrementar el volumen de producción por área cultivada utilizando métodos como manejo de densidad de plantación, fertilización nitrogenada, para saber cuánto es el óptimo de nitrógeno para elevar la producción de aguaymanto, ya que el nitrógeno es vital para aumentar la producción de un cultivo, y por ende generar mayores ingresos al agricultor con la correcta utilización y dosificación de los mismos; así mismo, el distanciamiento de plantación juega un papel importante en los cultivos como maximizar la captación de la luz solar, aprovechar al máximo el área cultivada para convertir en materia seca, es por ello que con esta

investigación se busca saber cuál es el distanciamiento adecuado para cultivar y alcanzar una buena producción.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de fertilización de nitrógeno y distanciamiento de plantación adecuado para elevar una mayor producción en el cultivo de aguaymanto por campaña agrícola?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Temporal

El trabajo de investigación denominado “efecto de niveles de nitrógeno y distanciamiento de plantación adecuado en el rendimiento del cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) Ecotipo cajamarquina.”, se realizó entre los meses de septiembre 2014, hasta junio del 2015.

1.3.1. Espacial

El trabajo se realizó en el fundo Centro Experimental III “Los Pichones” perteneciente a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna.

1.4. Justificación

Estos últimos años ha generado gran importancia en el país, por el alto contenido de minerales y vitaminas que posee el fruto de esta especie (aguaymanto) y por la demanda del mercado exterior que originó inquietud por parte de algunos agricultores y autoridades.

Todas las especies que producen frutos necesitan grandes sumas de nitrógeno, fósforo y potasio, se tomó el nitrógeno como variable de estudio porque incrementa el crecimiento del follaje, en la formación de frutos, semillas, producción de proteínas y por ende en el rendimiento del fruto. Una carencia de nitrógeno trae consigo a la planta crecimiento lento, clorosis, tallos delgados y cortos disminución de la floración, bajos rendimientos en biomasa defoliación prematura.

Es por ello que la importancia de determinar la demanda de nitrógeno, radica en incrementar la eficiencia del uso de nitrógeno sin que se apliquen en exceso ya que aumentan el riesgo de contaminación por lixiviación de nitratos a las capas freáticas por ser elemento muy móvil, y no así el fósforo y potasio que son elementos de movilidad lenta, a su vez el incremento inadecuado afecta la economía del agricultor y una deficiencia trae consigo rendimientos bajos, para contrarrestar este problema, con esta investigación se buscó optimizar sus recursos, por

ende obtener mayores rendimientos e ingresos. De igual forma el distanciamiento de plantación juega un papel importante en el rendimiento de frutos cosechados ya que influye el área foliar de la planta en la captación de la energía solar y así convertir en materia seca.

Los principales beneficiarios serán los agricultores de la costa y de la sierra como Tarata, Sitajara, Tarucachi, que le servirá de guía, en el manejo del cultivo, así como obtener mayores rendimientos, generando ingresos satisfactorios. Este estudio será de interés del estudiante de la carrera profesional de Agronomía pues enriquecerá su formación con el conocimiento teórico y técnico y más adelante podrán seguir realizando investigaciones sobre esta especie.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

2.1.1. General

Evaluar la influencia de nitrógeno en el rendimiento de cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).

Evaluar la influencia de distanciamiento de plantación en el rendimiento de cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).

2.1.2. Especifico

Determinar el nitrógeno óptimo en el rendimiento de cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).

Determinar el distanciamiento óptimo de plantación en el rendimiento de cultivo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).

2.1. Hipótesis

2.2.1. General

La fertilización nitrogenada incide en el rendimiento del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de CEA III “Los Pichones”.

El distanciamiento de plantación incide en el rendimiento del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de CEA III “Los Pichones”.

2.2.2. Específica

Existe un nivel de nitrógeno óptimo en el rendimiento del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de CEA III “Los Pichones”.

Existe un distanciamiento de plantación adecuado en el rendimiento del fruto de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de CEA III “Los Pichones”.

2.3. Operacionalización de variables

2.3.1. Independientes

Niveles de nitrógeno kg/ha.

Distanciamiento de plantación.

2.3.2. Dependientes

Rendimiento de frutos en t/ha.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
variables independientes (X)		
	80	kg/ha
Niveles de Nitrógeno	120	kg/ha
	160	kg/ha
	200	kg/ha
	70	cm
Distanciamiento de plantación	110	cm
	150	cm
	200	cm
Variables dependientes (Y)		
	Altura de planta	Cm
	Número de frutos	Unidad
Rendimiento t ha-1	Diámetro de frutos	cm
	Peso de 10 frutos	g
	Longitud de cáliz	cm

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Conceptos generales

3.1.1. Origen

El centro de origen y diversificación de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) está en los Andes, especialmente en Colombia, Perú y Ecuador. La especie se distribuye en las zonas tropicales y subtropicales a un nivel entre los 1 500 y 3 000 msnm. Luego llegó a diferentes lugares como; África e India y hoy existen más de 80 ecotipos a nivel mundial, diferenciables por el porte de la planta, la forma del cáliz, el tamaño, el color y el sabor del fruto (Norha, Rodríguez, & Bueno, 2006).

Fischer (2014), indica que *Physalis peruviana* L., es nativo del Perú y Chile y desde allí fue llevado a América Latina, incluyendo Brasil. También fue llevado a la India, Sudáfrica y otros países.

3.1.2. Importancia y distribución en el Perú

En la actualidad, en el continente americano, el cultivo de la aguaymanto extendió su producción tanto a los altiplanos de los países

tropicales y subtropicales, (Fischer & Miranda, 2012). Actualmente, en Sudamérica, países como Ecuador, Perú, Chile y Brasil aumentan su área de cultivo.

Gastelum (2012), menciona que el aguaymanto, es una opción para la economía de muchos países, por lo que posee perspectivas e interés en los mercados internacionales, gracias a las características nutricionales y medicinales que posee el fruto.

Los principales productores de aguaymanto a nivel mundial: son Colombia, Kenia, Australia, Nueva Zelanda, India y Ecuador (Ayala, 2008). El Perú es considerado como centro de biodiversidad mundial y la cordillera de los andes peruanos contribuyo a la gran variedad de ecotipos de aguaymanto, base genética de los cultivos comerciales del mundo (Angulo & Laurent, 2011). Sin embargo, en el Perú, el cultivo en forma comercial es reciente. Se está cultivando en algunas zonas, como en Cajamarca, Cuzco, Huancayo, La Libertad, Junín y Ancash, generalmente con miras a la exportación y abastecer el mercado interno (PDRS/GIZ, 2011; Dostert, 2013; AMPEX, 2008).

3.1.3. Valor nutritivo

Tiene extraordinarias propiedades nutricionales y medicinales y su exquisito sabor y aroma atraen los consumidores favoreciendo la conquista de nuevos mercados, generalmente su alto contenido de provitamina A, especialmente beta-caroteno) y ácido ascórbico, y algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y vitamina B); además el fruto se destaca por sus altos contenidos de proteína cruda, fósforo y hierro (Fischer & Miranda, 2012).

Mancheno (2010), encontró entre 13 y 15° Brix y un buen contenido de ácidos (1,6 a 2,0 % de acidez).

Tabla 2. Composición y contenido nutricional del aguaymanto

Componentes	Contenido en 100 g
Humedad	78,90 %
Carbohidratos	16 g
Ceniza	0,01 g
Fibra	4,90 g
Grasa total	0,16 g
Proteína	0,05 g
Ac. Ascórbico	43 mg
Calcio	8 mg
Caroteno	1,61 mg
Fósforo	55,3 mg
Hierro	1,23 mg
Niacina	1,73 mg
Riboflavina	0,03 mg

Fuente: (Fischer, 2014)

3.1.4. Descripción general

3.1.4.1. Botánica

La peculiaridad más trascendente del género es el cáliz, se desarrolla durante la fructificación, se alarga rodeando la baya completamente, y cuelga hacia abajo como una lámpara. Esta característica hace de *Physalis* uno de los géneros más fáciles de reconocer dentro de la familia Solanácea (Dostert, 2013).

Sin tutorado la planta puede llegar hasta una altura de 1,0 a 1,5 m, ramificándose en forma simpodial y, en muchos casos, genera cuatro ramas reproductivas principales, mientras tutorado puede alcanzar hasta 2 m o más de altura (Fischer, 2014; Álvarez, 2012).

Una vez ha comenzado la floración, el crecimiento de raíces, hojas tallos y ramas (vegetativo), y el desarrollo de flores y frutos (productivo o generativo), siempre se presentan al mismo tiempo, esto quiere decir que la planta no entra en período de receso; siempre tendrá flores y frutos aunque ya haya pasado la cosecha (Ángulo & Laurent, 2011).

3.1.4.2. Clasificación taxonómica

Vallejo (2009) y Mancheno (2010) reporta la clasificación botánica, como se indica a continuación:

Reino: Vegetal

Clase: Dicotiledóneas

Orden: tubifloras

Familia: Solanáceas

Género: *Physalis*

Especie: Peruviana L.

Nombre Científico: *Physalis Peruviana* L.

Nombre Común: Uchuva, Uvilla, tomatillo

3.1.4.3. Raíz

La planta de uvilla posee una raíz pivotante, fibrosa y ramificada que puede alcanzar entre 0,4 y 0,7 metros de profundidad (Álvarez, 2012).

Si proviene de semilla, es abundante y le puede dar mayor estabilidad a la planta y esta se podrá nutrir mejor. Si proviene de forma vegetativa es más débil y escaso, lo que la hace más susceptible al volcamiento (Ángulo & Laurent, 2011).

3.1.4.4. Tallo

Es herbáceo, protegido de una velloidad suave, con nudos y entrenudos. En cada nudo nacen dos hojas y una yema que dará origen a nuevas ramas (Álvarez, 2012).

El tallo principal del aguaymanto crece vegetativamente se bifurca a una altura de 25 cm, entre el octavo a doceavo nudo, dando origen a las ramas secundarias que son altamente productivas, las ramas secundarias pueden alongarse hasta 1 m sin perder el vigor, con una distancia entre nudos de aproximadamente 6,5 cm (Criollo & Lagos, 2014) coincidiendo con (Ángulo & Laurent, 2011).

Benavides (2008), menciona que la altura de planta está determinado por la elongación del tallo y el nitrógeno es un elemento importante para el crecimiento en longitud de la planta.

3.1.4.5. Hojas

Las hojas son simples, alternas, acorazonadas y pubescentes con un tamaño entre 5 y 15 cm de largo y 4 a 10 cm de ancho (Fisher, Flores, & Sora, 2009). Una vez que el fruto ha madurado, las hojas que lo circundan se tornan amarillas y se caen.

3.1.4.6. Flores

Las flores tienen una corola amarilla y de forma tubular, son hermafroditas y pentámeras. El cáliz es gamosépalo formado por sépalos que permanecen adheridos al fruto. La corola de la flor es circular (20 mm de diámetro) (Álvarez, 2012).

Es mejor quitar las flores que aparecen en las primeras bifurcaciones ya que además de retrasar el ciclo fisiológico de la planta producen un fruto grande que, casi siempre, se raja (Ángulo & Laurent, 2011). El desarrollo del botón floral demora entre 18 y 21 días.

3.1.4.7. Fruto

Es una baya carnosa, desarrollada por carpelos soldados entre sí, en la madurez se vuelven interiormente pulposos de sabor agridulce, el fruto está envuelto en el cáliz como un capuchón globoso, que se asemeja a un farol chino (Álvarez, 2012).

Criollo & Lagos (2014), menciona que los frutos son bayas esféricas de 1,5 a 3,5 cm de diámetro, con pesos que fluctúan entre 2 y 6 g, de color amarillo anaranjado; la pulpa es jugosa, agridulce, levemente aromática y contiene varias semillas blancas, pequeñas y comestibles.

Dostert (2013), menciona que el número de frutos a mayores altitudes muestra una disminución en la producción de frutos, Asimismo, indica el tiempo necesario para el desarrollo de los frutos es más corto a menor altitud, y la cosecha de una planta individual puede elevarse hasta 300 frutos.

Los frutos de la Uchuva parecen mini tomates, pero de color amarillo-anaranjado, casi redondo, son bayas de 1,25 a 2,5 cm de diámetro y pesan entre unos 4 y 10 g (Fischer, 2014).

3.1.4.8. Cáliz

El cáliz encierra el fruto totalmente hasta su madurez y pierde su clorofila a partir de unos 40 a 45 días de su desarrollo (Almaza & Fischer, 2012).

El cáliz llega a un tamaño de 5 cm de largo, como un farol colgante; el cáliz mantiene su verdor hasta madurar la fruta, luego se vuelve pardo translúcido y el fruto se pone amarillo (Álvarez, 2012).

Encontraron que el cáliz durante los primeros 20 días del desarrollo del fruto interviene en la formación y la translocación de carbohidratos, especialmente sacarosa para el fruto (Alvarez, 2012; Almaza & Fischer, 2012).

Para Almaza & Fischer (2012), es formado por cinco sépalos persistentes y muestra una estructura similar a una vejiga de unos 4 a 5 cm a si mismo protege el fruto contra patógenos, plagas y condiciones climáticas extremas y además, sirve como empaque natural (Mendez, 2013).

3.1.4.9. Semilla

Las semillas que se encuentran en el interior del fruto son abundantes, de tamaño pequeño y desprovisto de hilos placentarios. Contienen entre 150 y 300 semillas ovaladas achatadas, miden 1,5 a 3,0 mm de largo y 1 mm de ancho, varía según ecotipo, color amarillo grisáceo, en un gramo puede contener más 1 000 semillas, logran conservar su poder germinativo más de 2 años en condiciones favorables, en semillas frescas se obtiene un porcentaje mayor a 94 % de germinación (Fischer & Melgarejo, 2012).

3.1.5. Fenología del cultivo

Una plantación de uvilla inicia su producción a los 6 meses después del trasplante y puede durar hasta dos años. Cuando se estabiliza la producción después de 8 meses, la planta produce continuamente.

3.1.5.1. Germinación

La geminación tiene un periodo de 20 a 30 días, las hojas verdaderas alcanzan luego de 40 a 45 días se lleva al campo definitivo a los 50 a 60 días (PROFRUT PERÚ, 2010).

3.1.5.2. Inicio de floración

La floración se inicia a los 70 a 90 días después del trasplante, a partir del 12 a 14 internudo del tallo. La formación del fruto a los 127 días (PROFRUT PERÚ, 2010).

3.1.5.3. Cuajado

Desde la floración hasta la maduración del fruto acontece entre los 70 a 80 días (PROFRUT PERÚ, 2010).

3.1.5.4. Inicio de cosecha

La primera cosecha dura un período de 150 días depende de la altitud, a mayor altitud el ciclo de cosecha es más largo, la producción se mantiene solamente por dos meses, una vez empezada la cosecha esta es continua, por lo que se realiza recolecciones semanales, hasta dos por semana dependiendo de la madurez del fruto y como requiere el mercado (MINCETUR, 2009).

Benavides (2008), indica que la cosecha se inicia una vez que las bayas estén pintonas por lo menos en un 40 %, y el capuchón empiece a endurecer.

Según Benavides (2008), los índices de madurez que se utilizan más frecuentemente son: aspectos visuales; tamaño, forma, color global, color de la pulpa, aspecto de hojas exteriores secas, secado de la planta. Aspectos físicos; firmeza de la pulpa, textura, peso específico, densidad. Análisis químicos; Sólidos solubles, almidón, acidez, relación azúcares/ácidos, contenido en zumo, en aceite, en taninos.

3.1.5.5. Rendimiento de frutos

Los rendimientos reportados en condiciones de sierra son entre 5 a 12 t/ha, en Costa de 10 a 20 t/ha, dependiendo del tipo de suelo y manejo del cultivo. La estacionalidad de cosecha en sierra está en los meses de abril a junio, mientras que en la costa de octubre a marzo (Eschreiber, 2011).

En Colombia en la década de los ochenta, las superficies y volúmenes de producción han tenido una evolución creciente, de 6 hectáreas plantadas y 4 toneladas de producción en 1 993, a 900 hectáreas plantadas y 16 000 toneladas producidas al año 2008, hoy se tiene un rendimiento superior a las 17,5 t/ha en promedio.

El rendimiento variable, obedece al medio ambiente y de la intensidad del cultivo. Una plantación con buen manejo llega a rendimientos de 12 t/ha, con un excelente manejo llegaría a proveer 18 hasta 40 t/ha (Eschreiber, 2011).

En Colombia, el desarrollo de la tecnología se ha hecho, fundamentalmente, sobre el conocimiento empírico de los agricultores optando una producción promedio de 14,5 t/ha (Fischer, 2014).

En Ecuador se ha reportado rendimientos de 3 y 8 kg por planta por ciclo, esto equivale a 6 y 12 t/ha en sistema abiertos. En sistemas cerrados (invernadero) el rendimiento se eleva de 25 a 35 t/ha dependiendo del sistema de riego y fertilización.

Dostert (2013), menciona que el tiempo de producción del cultivo desde la aparición los primeros frutos y la primera cosecha se realiza a partir de 9 a 11 meses adicionales. Después de ese periodo la productividad de las plantas, como la calidad de los frutos reduce. Así mismo (Dostert, 2013), indica que los rendimientos son variables, dependiendo de los cuidados culturales realizados durante la campaña, en cultivos bien cuidados se puede obtener hasta 20 t/ha.

En Ecuador la producción con sistemas de producción semi-tecnificado, se encuentra el 40 % de los cultivos, con producciones entre 13,6 t/ha (Fischer, 2014).

3.1.6. Requerimientos agroclimáticos

3.1.6.1. Suelos

Según (MINCETUR, 2009; Angulo, 2011), el cultivo de aguaymanto prefiere suelos de estructura granular, textura franco arcillo arenoso - franco areno arcilloso. Prefiere suelos bien drenados, profundos, sin excedentes de agua, no resiste los suelos arcillosos ya que tiene raíces superficiales y es muy susceptible a los encharcamientos, también Fischer & Miranda (2012), menciona que prospera mejor en suelos ligeramente ácidos, produciendo un mayor número y diámetro de frutos. En el análisis de suelo efectuado de la parcela experimental, muestra que es suelo franco arenoso por lo que está dentro el rango que requiere el cultivo, en esta clase de suelos la infiltración es excesiva por ende se tiene baja retención de agua, pero la aeración del suelo es buena debido al tamaño de poros, también (Álvarez, 2012; Fischer, 2014; Criollo & Lagos, 2014), coinciden que el cultivo de aguaymanto prefiere suelos de textura franco-arenosa o franco arcillosa, ricos en materia orgánica (>3 %). Por otro lado, Fischer & Melgarejo (2012), encontraron que con suelos demasiado fértiles el crecimiento de la uchuva es muy exuberante, y por ello se prefiere cultivar sobre suelos pobres y secos para limitar el crecimiento de la planta y para inducir más rápidamente la producción de frutos.

3.1.6.2. pH

El cultivo requiere un pH de 5,5 a 6,8; buen contenido de materia orgánica. Experimentos en invernadero ha mostrado que *Physalis peruviana* L., es moderadamente tolerante a la salinidad (en cultivos de perlita) (MINCETUR, 2009). Así mismo menciona que prospera mejor en suelos ligeramente ácidos, produce mayor número y diámetro de frutos por planta, también mayor contenido de pectina (MINCETUR, 2009; Ángulo & Laurent, 2011).

3.1.6.3. Altitud

La planta se produce desde 0 a 3 300 msnm, la altitud ideal se encuentra entre 1 800 a 2 800 msnm, el óptimo entre 2 400 a 2 800 msnm, pues existe menor incidencia de plagas y enfermedades. Asimismo, el periodo de desarrollo de los frutos es más corto a menor elevación, así como la formación de sacarosa y la proporción de materia seca en el fruto (Dostert, 2013).

3.1.6.3. Temperatura

La temperatura media debe estar entre los 13 a 18 °C; soporta bajas temperaturas, pero sufre daños por debajo de 0 °C, la óptima es de 18 °C, temperaturas muy altas pueden perjudicar la floración y fructificación. El

rango óptimo de humedad relativa se encuentra entre 60 y 70 % pudiendo soportar rangos considerados entre 70 a 80 % (Dostert, 2013).

3.1.6.4. Requerimientos Hídricos

Dependiendo de las condiciones climáticas los requerimientos se encuentran en rangos de 15 000 a 20 000 m³, si se emplea riegos regulados; se debe contar con suficiente dotación de agua durante el crecimiento inicial, y hasta el término de la floración y cuajado, el manejo y distanciamiento de los riegos se hace indispensable durante la maduración de los frutos. Bajo un régimen de lluvias, el cultivo prospera con una precipitación entre 1 000 y 2 000 mm (Dostert, 2013).

Las épocas que la planta requiere mayor cantidad de agua son durante el crecimiento, formación y llenado de los frutos (Ángulo & Laurent, 2011).

3.1.6.5. Luminosidad

Requiere alta luminosidad, una intensidad lumínica entre 1 500 y 2 000 horas luz/año. La temperatura y la luz intervienen en el tamaño, color, contenido nutricional, sabor y tiempo de maduración del fruto. Si la luminosidad es baja, se afecta la apertura de los estomas, debilita las plantas, es susceptible a las enfermedades (Dostert, 2013).

3.2. Distanciamientos de plantación

El distanciamiento de plantación es el número de plantas por unidad de área de terreno. Tiene un efecto sobre la producción de un cultivo y se considera como un insumo, de la misma forma que se considera por ejemplo, un fertilizante.

El distanciamiento de plantación está afín con los efectos que produce en la planta la competencia de otras plantas, y además, con una mayor o menor eficiencia de captación de la radiación solar (Adame, 2007).

La respuesta del aguaymanto al distanciamiento de plantación obedece de causas como: la variedad, el desarrollo foliar, el sistema de cultivo al sol o a la sombra, la localidad y la altitud, la longitud del período de crecimiento, entre otros (Fisher, Flores, & Sora, 2009; Ayala, 2008).

Araujo (2012), indica que la topografía del terreno es el que más influye en la elección de las distancias de plantación (entre plantas y entre líneas) de aguaymanto. Cuando la pendiente de un terreno es pronunciado, es recomendable sembrar a distancias amplias, lo que facilita la aireación de plantas y disminuye la humedad del suelo, por lo que provee enfermedades fúngicas a nivel radicular. Así mismo se tiene que incluir la humedad relativa del ecosistema donde se instalará el cultivo.

Fischer & Miranda (2012), mencionan que por razones de la fitosanidad y del manejo, recomienda distancias entre plantas e hileras de 2 a 3 m, para una densidad de 1 660 plantas/ha plantada de 3 m (entre hileras) x 2 m (entre plantas). Angulo (2011) indica que las distancias de plantación más manejadas en Colombia son de 2,5 x 2,5 m hasta 3 x 3 m, siempre teniendo en cuenta que en sitios con una mayor humedad las distancias altas favorecen la sanidad del cultivo.

La densidad de plantación determina la productividad del cultivo. Se sugiere una densidad de plantación de 2 a 3 m entre plantas y de 2 a 3 m entre hileras, con un área de 4 a 9 m² por planta, para una densidad promedio de 1 660 plantas por hectárea (Dostert, 2013).

Angulo & Laurent (2011), cita que las distancias de plantación más utilizadas son: 2,5 m entre plantas por 2,5 m entre hileras, 2,5 m entre plantas por 3 m entre hileras y 3 m entre plantas por 3 m entre hileras, esta última es la más recomendada ya que permite un mayor aprovechamiento de la luz, mejor aireación y menor humedad lo cual disminuye problemas fitosanitarios.

3.3. Requerimiento de nitrógeno

Almaza & Fischer (2012), mencionan en el caso de la uchuva, que el nitrógeno es el mayor demandado por su trascendencia en el crecimiento vegetativo de la planta, cada nudo de las ramas, después de la primera bifurcación, se forma un fruto y el área foliar depende de este elemento; la deficiencia de N reduce drásticamente la producción en cuanto al número y tamaño de frutos, recomienda una dosis de N, K₂O y P₂O₅, (120, 140 y 180 kg/ha).

Mendez (2013), reporta que el aguaymanto tiene una alta asimilación a la aplicación de fertilizantes ricos en nitrógeno y potasio (elementos que más requiere y la que más extrae). Lo aconsejable es realizar una fertilización a fondo, después a los 15 días del trasplante. Luego de que la planta entra en producción tiene gran actividad fisiológica, por lo que el crecimiento vegetativo y producción es continua. Por esta razón para esta etapa, la fertilización se debe realizar en forma oportuna, se recomienda una dosis de N de 120 a 180; P₂O₅ de 130 a 160 y K₂O de 80 a 140 kg/ha (Araujo, 2012).

El nitrógeno incrementa directamente el contenido de proteína en las plantas. Dosis adecuada potasio y fósforo mejoran la capacidad de la

planta para utilizar dosis altas de N, para de esta forma acumular más proteína y mejorar la calidad del producto (INPOFOS, 2012).

García & Lucena (2009), cita que la urea es el fertilizante más popular, fundamental en la planta, forma parte de cada célula viva, necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de la clorofila, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Es componente de vitaminas y de los sistemas de energía de la planta. Y es también un componente esencial de los aminoácidos, por lo tanto el nitrógeno es directamente responsable del incremento de proteínas en las plantas, estando directamente relacionado con la cantidad de hojas, brotes, tallos, y la fertilización recomendada que va desde 80 a 150 N, 140 P₂O₅ y 130 de K₂O en kg/ha.

3.3.1. Movilización del nitrógeno

Tislade & Nelson (2007), indican que las sales nitrogenadas se mueven hacia arriba y hacia abajo en la solución del suelo, dependiendo de la dirección de movimiento del agua. De los dos tipos nitrogenados los nitratos se mueven fácilmente, porque se unen por sí mismo a las partículas del suelo, por otra parte el nitrógeno amoniacal es absorbido por los coloides del suelo, es convertido a nitrato y permanece inmóvil.

Algunas fuentes de nitrógeno tales como, soluciones de nitrógeno, urea pueden perder amoníaco por volatilización como resultado de una colocación impropia, aplicación superficial en suelos alcalinos, además si se coloca demasiado cerca de las plantas puede resultar dañino por la toxicidad del amoníaco.

García & Lucena (2009), menciona el nitrógeno es transformado de unas formas a otras dependiendo de las condiciones medioambientales, tales como pH, temperatura, humedad, y mediante la acción de distintos microorganismos. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. (FAO, 2009)

Marhner (2008), menciona que una cantidad excesiva de nitrógeno en las plantas afecta de manera negativa el crecimiento de estas ya que llega un momento en que inhibe el crecimiento vegetativo hasta llegar a ser tóxico bloqueando su metabolismo.

3.3.2. Funciones del nitrógeno

Castro (2007), cita que las plantas absorben el nitrógeno en forma de nitrato (NO_3) y amonio (NH_4). Habitualmente el amonio es absorbido y utilizado inicialmente por las plantas jóvenes. Mientras que el nitrato es la forma principal para utilizarlo durante el periodo largo de desarrollo.

Lopez (2009), menciona que el nitrógeno tiene numerosas funciones en la planta, el ion NO_3 sufre transformaciones después esto es absorbido y reducido a la forma amino y es utilizado en forma de aminoácidos. Los aminoácidos son esenciales para la formación de proteínas. En adición a aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y bases nitrogenadas, el nitrógeno es también componente de compuestos de otras plantas incluyendo nucleótidos, amidas y aminas, por lo tanto el N juega un papel clave en muchas reacciones metabólicas.

El nitrógeno es contenido en la molécula de clorofila, por lo que una deficiencia de N va a resultar en una condición clorótica en la planta, la síntoma de deficiencia aparece normalmente primero en las hojas viejas.

La proteína (aminoácidos y clorofila) y ácidos nucleicos son constituyentes mayores del protoplasma de la célula, así que a falta de nitrógeno inhibe la división celular con una consecuente reducción en crecimiento.

Sanchez (2007), cita que el nitrógeno juega un papel importante como constituyente de la clorofila, en la coloración verde característica de todas las plantas verdes. Así que el color de la hoja es un buen indicador del nivel de nitrógeno en los cultivos.

Tislade & Nelson (2007), reportan que un adecuado suministro de nitrógeno está asociado con vigorosos crecimientos vegetativos y un intenso color verde y cantidades excesivas de nitrógeno pueden prolongar el periodo de crecimiento y retrasar la madurez.

Rodriguez (2010), reporta que cuando existe un exceso de nitrógeno en la fase vegetativa se efectúa rápidamente, hay un rápido desarrollo de tallos y hojas grandes de color verde oscuro conteniendo gran cantidad de clorofila que absorbe cantidades relativamente altas de luz y elaboran grandes cantidades de carbohidratos que se utilizan en la formación de células de tallos, hojas y raíces absorbentes.

3.4. Antecedentes

Palacios (2013), en la tesis; “Evaluación de la respuesta a la fertilización química y orgánica de la uvilla (*Physalis peruviana* L). En la Provincia de Imbabura cantón Antonio Ante” llegó a los siguientes resultados: con respecto al calibre del fruto, el programa de fertilización Proexant (T₂) obtuvo un diámetro mayor con 22,16 mm y 139 frutos por kilogramo. En cuanto al rendimiento el T₂ Proexant obtuvo el mejor rendimiento con 10 471, 96 kg/ha/año, mientras que el rendimiento más deficiente lo obtuvo la fertilización orgánica con 6 198,42 kg/ha/año.

Mendez (2013), en la investigación titulada “Transporte de nitrógeno en *Physalis peruviana* L. como respuesta a la aplicación del nitrato y amonio en la solución nutritiva; en Montecillo Texoco México”, concluyeron con lo siguiente: el peso promedio de los frutos con cáliz va de 2,84 g (100/0) a 3,43 g (75/25). La obtención de rendimientos mayores en *Physalis peruviana* L. es posible con la aplicación combinada de las dos formas iónicas del nitrógeno, sin embargo tal aumento no es estadísticamente diferente de cuando se aplica solo la forma aniónica de nitrógeno en la solución nutritiva.

Según Fischer & Miranda (2012), el aguaymanto se desarrolla sin dificultad a una temperatura promedio anual entre 12 y 18 °C y rangos de humedad relativa (HR) entre 70 y 80 % para que la planta se desarrolle bien.

Araujo (2012) & Dostert (2013), afirman que la temperatura y la luz inciden directamente en el tamaño, color, contenido nutricional, tiempo de maduración y sabor del fruto, Almaza & Fischer (2012), también indica que condiciones normales puede crecer hasta una altura de 1,50 a 1,60 metros y en buenas condiciones externas puede alcanzar sobre los 2,50 metros promedio o con soporte.

A mayor altitud, en general la planta presenta un porte más bajo, hojas pequeñas y gruesas, un sistema radicular más superficial y la producción es más tardía y una menor altitud genera mayor cantidad de semillas y un período menor a cosecha (Álvarez, 2012).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo experimental.

4.2. Localización del área experimental

La investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias UNJBG, que se encuentra a una altitud de 560 msnm, latitud sur 17°59’ 38”, latitud oeste 70°14’ 22”.

4.3. Historial del campo experimental

El campo experimental en el año 2012 no se cultivó; en el año 2013 se cultivó melón, y el año 2014 – 2015 se cultivó de aguaymanto.

4.4. Análisis de físico – químico del suelo

Se realizó el muestreo de suelo del área experimental a una profundidad de 30 cm y se llevó al laboratorio de aguas y suelos de la

Universidad Nacional del Altiplano – Puno, para su análisis correspondiente.

Tabla 3. Análisis Físico – Químico del suelo experimental

CUALIDADES GENERALES		
Textura	F	Franco Arenoso
Arena	73,7	%
Limo	22,8	%
Arcilla	3,5	%
CALCAREOS		
CaCO ₃	0	%
pH	5,6	
CE. (sales)	2,81	mS/cm
NUTRICION PRINCIPAL		
Materia orgánica	0,08	%
N (total)	0,04	%
P	12,41	ppm
K	640	ppm

Fuente:(Laboratorio de aguas y suelos) UNAL-PUNO

En la tabla 3, el análisis físico – químico del suelo indica una textura franco arenoso, su capacidad de retención de la humedad es satisfactoria. Los suelos de esta textura, son ideales para la obtención de altos rendimientos y alta productividad; el pH del suelo es de 5,6 moderadamente ácido por lo que se encuentra dentro el rango de los requerimientos del cultivo; la conductividad eléctrica ha sido clasificada como salino; el nitrógeno es deficiente, el fósforo es medio, el potasio es alto y la materia orgánica es deficiente.

4.5. Condiciones meteorológicas durante el desarrollo del cultivo

Los datos meteorológicos fueron proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Estación MAP Jorge Basadre Grohmann, durante el desarrollo del cultivo de aguaymanto.

Tabla 4. Datos meteorológicos registrados en el CEA III Los Pichones – Tacna

Meses	Temperaturas			Humedad Relativa (%)
	Media	Máxima °C	Mínima	
Julio	13,10	19,20	10,40	81,10
Agosto	14,10	20,70	11,20	81,80
Setiembre	14,50	20,60	12,00	84,70
Octubre	16,70	23,10	13,50	76,30
Noviembre	18,40	25,00	15,00	73,60
Diciembre	19,30	25,60	15,60	71,00
Enero	20,70	27,30	16,60	70,10
Febrero	22,70	28,70	18,60	68,40
Marzo	22,60	29,20	18,20	69,00
Abril	20,10	26,50	16,50	73,40
Mayo	18,00	23,60	15,30	79,20
Junio	16,20	21,50	13,20	79,70

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Estación MAP Jorge Basadre Grohmann, Tacna. 2014 - 2015.

Según tabla 4, las temperaturas promedios registradas durante la investigación variaron entre de 13,5 a 25 °C con una temperatura media de 18 °C, estando dentro de los valores óptimos requeridos por el cultivo,

Con respecto a la humedad relativa registrada durante la etapa de cultivo fue 70 % que se encuentra dentro el rango requerido.

4.6. Material experimental

Se utilizó como material experimental plantas de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) ecotipo, cajamarquina, urea al 46 %.

4.6.1. Características del ecotipo cajamarquina

El fruto es de color amarillo naranja, con un diámetro que oscila entre 1,5 y 2,5 cm y con un peso entre 3 y 8 g, el fruto es resistente al transporte, su pulpa presenta un sabor semiácido, la semilla posee un poder de germinación de 96 % y pureza de 99 %, tiene una producción optima de 25 a 30 t/ha. Se adapta a una amplia variedad de suelos con pH ácidos a alcalinos. La producción se mantiene solamente por cuatro meses, una vez empezada la cosecha esta es continua, lo cual permite realizar recolecciones semanales, luego baja la producción. Además posee un poder de germinación de 96 % y pureza de 99 %.

4.6.2. Característica de la urea

La urea es un fertilizante cuyo concentraciones de (46 %) de nitrógeno, se comercializa en forma perlada y granulada. La perlada se usa en fertirrigación y la granulada para aplicación directa al suelo al

voleo, en cobertura, pero la mejor eficiencia se logra entre líneas, al costado o debajo de la línea de siembra, Como todo fertilizante nitrogenado, puede aplicarse antes de la siembra o al momento de la misma. Al incorporar la urea al suelo rápidamente después de la aplicación, el amoníaco que libera se combina con la humedad y las partículas del mismo. Así se retiene en el suelo igual que el amoníaco anhidro cuando se lo inyecta, habiendo muy poca pérdida de nitrógeno a la atmósfera. Si se aplica en la superficie, o no se incorpora o arrastra dentro del suelo por la lluvia o el riego, se hidroliza liberando amoníaco gaseoso a la atmósfera, lo cual puede representar severas pérdidas de N, por ello es muy conveniente su incorporación para reducir la volatilización del nitrógeno amoniacal que se potencia en suelos calizos, con pH elevados, ambiente seco y temperaturas altas.

4.7. Factores en estudio

Factor A: niveles de nitrógeno

$n_1 = 80 \text{ kg/ha}$

$n_2 = 120 \text{ kg/ha}$

$n_3 = 160 \text{ kg/ha}$

$n_4 = 200 \text{ kg/ha}$

Factor B: distanciamiento de plantación.

$d_1 = 70 \text{ cm}$

$d_2 = 110 \text{ cm}$

$d_3 = 150 \text{ cm}$

$d_4 = 200 \text{ cm}$

Los niveles de los factores fueron determinados en base al diseño matriz Plan Puebla I, así como la combinación de los niveles, los cuales fueron:

Tabla 5. Tratamientos con valores codificados y valores reales según el diseño plan puebla I

Tratamientos	Valores codificados		Valores reales	
	A	B	A	B
t ₁	0,33	-0,33	120	150
t ₂	0,33	0,33	160	150
t ₃	-0,33	0,33	160	110
t ₄	-0,33	-0,33	120	110
t ₅	-1	-0,33	120	70
t ₆	-0,33	-1	80	110
t ₇	1	0,33	160	200
t ₈	0,33	1	200	150

Fuente: Elaboración propia

4.8. Variables evaluadas

4.8.1. Altura de planta (cm)

Se evaluó 4 plantas por tratamiento, desde la base de la planta hasta la parte apical de la planta para ello se utilizó una cinta métrica. Se evaluó al momento del inicio de la floración, en plena producción y luego de las últimas cosechas.

4.8.2. Número de frutos (unidad)

Se contó la cantidad de frutos maduros desde la primera cosecha hasta el final de del ciclo vegetativo. Se tomó 4 plantas por unidad experimental y tratamiento.

4.8.3. Diámetro del fruto (cm)

Se tomó muestras aleatorias de 10 frutos de cada tratamiento, con el objeto de medir el diámetro ecuatorial y polar del fruto utilizándose un vernier expresado en cm.

4.8.4. Peso de 10 frutos (g)

Se evaluó 10 frutos al azar para determinar el peso de frutos de aguaymanto para cada tratamiento en gramos.

4.8.5. Longitud de cáliz (cm)

Con la ayuda de un vernier se midió la longitud del capullo, para ello se utilizó 10 frutos aleatoriamente de cada tratamiento.

4.8.6. Rendimiento t/ha

Se determinó basándose en peso de fruto de cada unidad experimental, la que se transformó a t/ha.

4.9. Diseño Experimental

El diseño utilizado fue el de Bloques Completos Aleatorios con cuatro repeticiones para el arreglo de los tratamientos se siguió el delineamiento de la matriz Plan Puebla I.

4.9.1. Diseño plan puebla I

De acuerdo a Turrent & Laird (1975), las matrices diseño plan puebla se desarrollaron como una respuesta a la problemática que se presentaba en el procesamiento e interpretación de los resultados experimentales durante los años 1967 a 1970, debido a que los métodos de análisis existentes resultaban ineficientes y tediosos.

Hay tres variaciones del matriz plan puebla, las cuales difieren entre sí por la manera de seleccionar los niveles de que constan, una vez que se ha definido el espacio de exploración.

El plan puebla I toma en cuenta los niveles -1, -0,33; 0,33; 1; para cada factor.

El punto central (0,0, ... ,0)

Donde: a= 0,33; 1 para el plan puebla I

4.10. Características de campo experimental

4.10.1. Parcela

Largo:	21 m
Ancho:	27 m
Área total:	567 m ²
Número de plantas:	244

4.10.2. Bloques

Largo:	14 m
Ancho:	10 m

Área total: 140 m²

N° de bloques: 4

4.10.3. Unidad experimental

Largo: 10 m

Ancho: 1,5 m

Área total: 15 m²

N° de unidad experimental: 32

Distanciamiento entre líneas: 1,5 m

El número de plantas de la unidad experimental varió de acuerdo al motivo de estudio y fueron: $d_1=5$, $d_2=6$, $d_3=8$, $d_4=14$ y $d_5=14$ plantas respectivamente.

4.11. Aleatorización del campo experimental

La distribución de los tratamientos en el campo experimental fue la siguiente manera; (Figura 1).



Figura 1. Distribución de tratamientos

Fuente: elaboración propia.

4.12. Análisis estadístico

Se utilizó la técnica de análisis de varianza y prueba estadística F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01. Para establecer la función de respuesta se realizó el análisis de regresión, ajustándose a la función de respuesta:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_{11}X_1^2 + e_i$$

Donde:

Y: es la observación del tratamiento

b_0, b_1, b_{11} : son los coeficientes de regresión

X_1, X_{1^2} : es el nivel de nitrógeno y distanciamiento de plantación a la unidad experimental

e_i : es el error experimental

Con este modelo se puede hacer la estimación de nivel de nitrógeno y distanciamiento de plantación óptimo.

4.13. Establecimiento y manejo del cultivo

4.13.1. Medición de la parcela experimental

Para la medición del campo experimental se utilizó una cinta métrica, de 50 m, y se procedió a medir el campo experimental, luego se colocaron estacas, para marcar los hitos de referencia; asimismo, realizar las divisiones de bloques y unidades experimentales.

4.13.2. Siembra de semilla en bandejas

Se sembró las semillas en bandejas germinadoras en un invernadero hasta tener sus cuatro hojas verdaderas para luego trasplantar al campo definitivo, el sustrato que se utilizó fue de humus de lombriz, la siembra se realizó el 30 de julio de 2014.

4.13.3. Preparación del terreno

Se realizó en forma manual utilizando una picota para roturar el suelo, luego se incorporó la materia orgánica a razón de 15 t/ha en igual proporción para todas las unidades experimentales, luego se hizo el

abono de fondo utilizando la siguiente fórmula de abonamiento; 150 kg/ha para fósforo, 100 kg/ha para potasio, y para nitrógeno se utilizó las dosis mencionadas anteriormente en las variables de estudio, fraccionadas en tres partes, la primera, durante la preparación del terreno; la segunda, en la floración; y la tercera en el llenado de frutos.

4.13.5. Apertura de hoyos

Según el tipo de raíz que dispone esta planta, y para facilitar su trasplante se hicieron hoyos con la siguiente medida: 30 x 30 x 30 cm, con la ayuda de una pala y una picota.

4.13.6. Trasplante

Se realizó el 7 de octubre de 2014, una vez que la plántula tuvo las 4 hojas verdaderas, a los 60 días de la siembra en bandeja, en forma manual colocando una plántula por golpe, el distanciamiento de plantas varió de acuerdo al tratamiento; al terminar esta labor se realizó el riego respectivo.

4.13.7. Riego

Durante la conducción del experimento, se utilizó el sistema de riego por goteo, los primeros días riegos pesados, luego riegos ligeros y

frecuentes dos veces a la semana, hasta después de la floración y desarrollo del fruto.

4.13.8. Control de malezas

El control de las malezas se hizo en forma manual y constantemente para evitar la competencia por nutrientes y agua. Entre las malezas que se presentaron:

Taraxacum officinales “Diente de león”

Amaranthus hybridus “yuyo”

Bromus catarticus “cebadilla”

4.13.9. Plagas y enfermedades

Hubo ataques de barrenador de brotes (*Epinotia*), perforador de frutos *Heliothis virescen*, mosca blanca, los que se controlaron con insecticidas como: *Lanzer*, *Sunfire*, *Cipermax*, *Proclan*, *Lannatte*.

Se monitoreó aplicando trampa luz cada semana para el control de *Heliothis virescen*; se aplicó trampas amarillas para el control de mosca blanca.

En cuanto a las enfermedades se presentaron en la etapa de plántula chupadera fungosa (*Damping off*) se controló aplicando *Rhizolex*, y fungicidas agrícolas como *Bayfidan* y *Ridomil* para el control preventivo de *Oídium*.

4.13.10. Cosechas

Una vez que el fruto presentó la madurez fisiológica se llevó a cabo el recojo de frutos manualmente el 18 de febrero del 2015, recogiendo los frutos en cajas o jabas de plástico de las plantas marcadas en bolsas. Se realizaron 12 cosechas al igual que la primera.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Altura de planta

Tabla 6. Análisis de varianza de altura de planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Bloques	3	38,88	12,96	0,32	ns
Tratamiento	7	7 877,16	1 125,31	27,80	*
Error	21	849,86	40,47		
Total	31	8 765,90			

CV = 0,65 *= significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6, el análisis de varianza de altura de planta, muestra que entre bloques no hubo diferencias estadísticas, lo cual indica que hubo homogeneidad entre ellos, mientras que entre tratamientos presentó diferencias estadísticas, lo que muestra que una de las variables independientes afectó la altura de plantas de aguaymanto, por lo que se procedió a realizar el análisis de regresión.

Tabla 7. Análisis de regresión de altura de planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Regresión	3	7 135,46	2 378,49	40,61	*
Error	28	1 639,82	58,56		
Total	31	8 775,28			

$R^2 = 79,31 \%$ *= significativo

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de regresión de altura de planta, (tabla 7) presentó diferencia estadística lo que indica que por lo menos uno de los factores influye en altura de planta. El valor R^2 indica que el 79,31 % de la variación de altura de planta es debido a efectos de variable nitrógeno y distanciamiento de plantación.

Tabla 8. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de altura de planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina

Variables	Coficiente	Error est.	Tc	T
Intercepción	-48,2884	18,99502	-2,54216	
X_1	1,9191	0,27704	6,92721	*
X_1^2	-0,0065	0,00097	-6,71231	*
X_2	0,2720	0,04183	6,50396	*

X_1 = Nitrógeno lineal; X_1^2 = Nitrógeno cuadrática; X_2 = Distanciamiento

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 8, la prueba de significación de coeficientes de regresión indica que fueron significativos para el factor nitrógeno con

respuesta lineal (X_1) y cuadrática (X_1^2), en tanto el factor distanciamiento (X_2), fue significativo con la respuesta lineal, lo que la función de respuesta fue:

$$\hat{Y} = -48,2884 + 1,9191X_1 + 0,2720X_2 - 0,00655 X_1^2$$

La ecuación que precede corresponde a una ecuación cuadrática de la cual se obtuvo un nivel óptimo de nitrógeno de 166,41 kg/ha, lo que permite predecir una altura de planta de 133,142 cm.

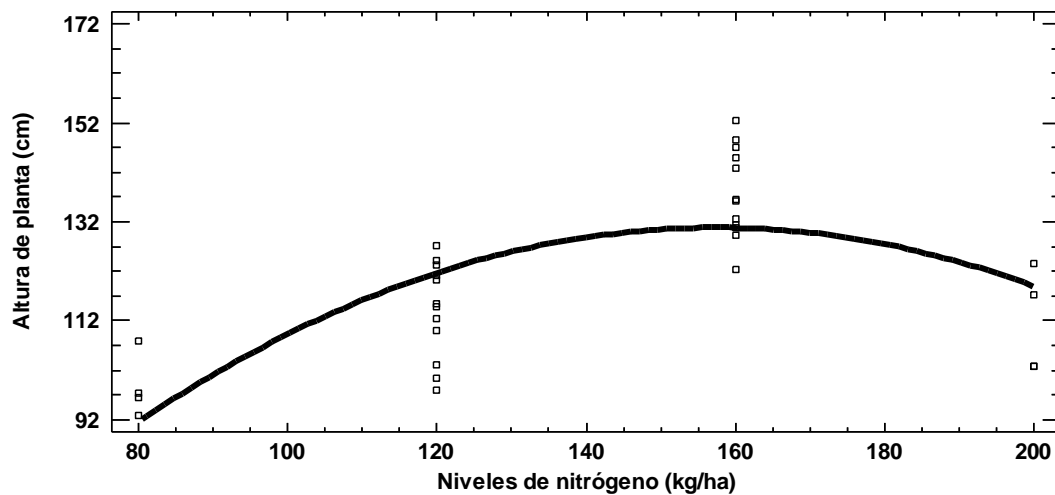


Figura 2. Función cuadrática de altura de planta (cm) de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se observa los diferentes niveles de nitrógeno y altura de planta, llega a punto donde la altura de la planta disminuye conforme se incrementa el factor nitrógeno; siendo el adecuado 166,41 kg/ha.

Palacios (1998), en la tesis “Evaluación de la respuesta a la fertilización química y orgánica de la uvilla (*Physalis peruviana* L)”, obtuvo mayor altura de planta con fertilización química de 114,20 cm, mientras que con la fertilización orgánica obtuvo menor altura de planta con 107,20 cm, este resultado fue inferior a lo obtenido en esta investigación donde se tiene 133,142 cm, y se encuentra dentro el rango esperado mencionados por Fischer (2014), mientras que Alvarez (2012), indica que sin tutorar la planta puede llegar hasta 1,0 a 1,5 m mientras con tutorado puede alcanzar hasta 2 m o más.

Para la variable “Distanciamiento influye a altura de planta positivamente”, al no existir una respuesta cuadrática no se determinó el distanciamiento adecuado; como se pueda apreciar en la figura 3.

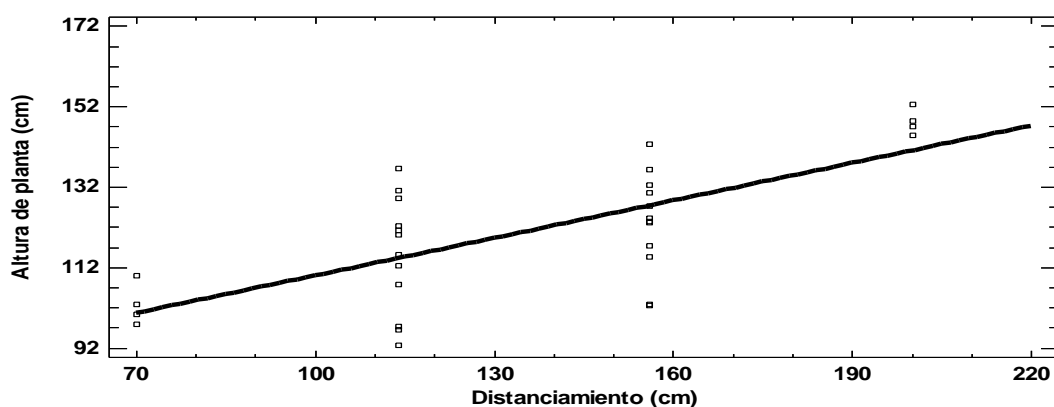


Figura 3. Función lineal de altura de planta (cm) de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

5.2. Número de frutos por planta

Tabla 9. Análisis de varianza de número de frutos por planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Bloques	3	4 644	1 548	1,043	ns
Tratamiento	7	197 424	28 203	19	*
Error	21	31 140	1 482,8		

CV = 0,7 *= significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de varianza de número de frutos por planta, (tabla 9) se observa, que son homogéneos los bloques y para tratamientos hay diferencias estadísticas significativas

Tabla 10. Análisis de regresión de número de frutos por planta de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Regresión	3	138 435,848	46 145,282	42,1093	*
Error	28	30 683,652	1 095,844		
Total	31	169 119,5			

R² = 79,91 % *= significativo

Fuente: Elaboración propia.

En este análisis de regresión de número de frutos por planta, (tabla 10) se observa que hay diferencias estadísticas entre variables; niveles de

nitrógeno y distanciamiento entre plantas existe relación; el coeficiente de determinación fue de 79,91 %.

Tabla 11. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de número de frutos por planta de aguaymanto

Variables	Coefficiente	Error est.	Tc	T
Intercepción	-2,45280	82,16663	-0,02985	
X ₁	7,20971	1,19841	6,01605	*
X ₁ ²	-0,02494	0,00422	-5,90725	*
X ₂	1,38803	0,18096	7,67001	*

X₁= Nitrógeno lineal; X₁²= Nitrógeno cuadrática; X₂= Distanciamiento

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, la prueba de los coeficientes de regresión se observa que para el factor niveles de nitrógeno es significativo, con respuesta lineal (X₁) y cuadrático (X₁²), y lineal (X₂) para el factor distanciamiento entre plantas; cuya función de respuesta es:

$$\hat{Y} = - 2,45280 + 7,20971X_1 + 1,38803X_2 - 0,02494 X_1^2$$

Para determinar el nivel óptimo de nitrógeno se aplicó la derivada parcial con respecto al factor nitrógeno obteniendo 172,64 kg/ha.

En la figura 4, se observa los distintos niveles de nitrógeno, y el número de frutos por planta en el que al aumentar el nivel de nitrógeno, el número de frutos se incrementa y luego tiende a disminuir.

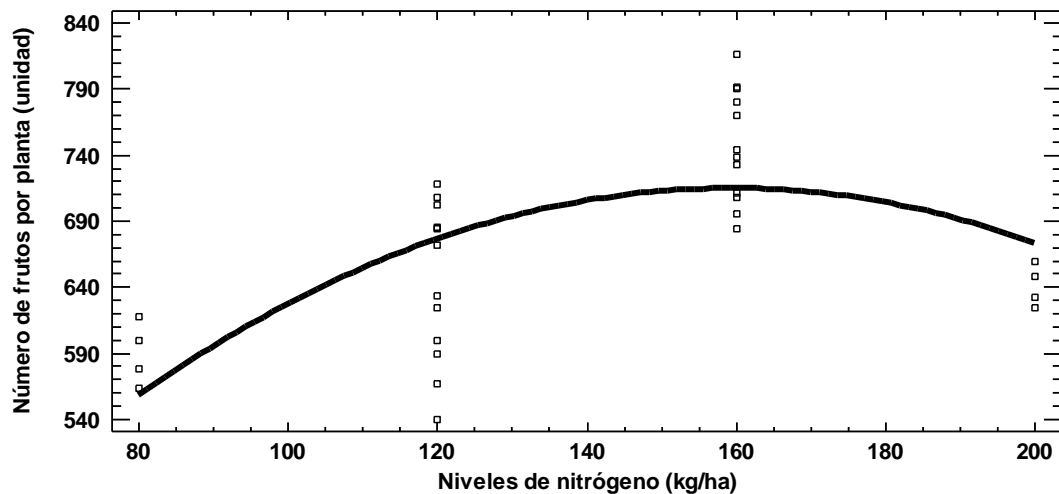


Figura 4. Función cuadrática de número de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

Dostert (2013), Fischer & Miranda, (2012) indican que el número de frutos a mayores altitud arriba de 2 300 msnm, tiene menor número de frutos y la cosecha de una planta individual puede elevarse hasta 300 frutos por planta, mientras que en esta investigación se obtuvo 739,72 frutos por planta esto posiblemente sea por la ubicación, ya que este trabajo se realizó a 560 msnm.

Se establece la intervención del variable distanciamiento en el rendimiento de número de frutos de aguaymanto (figura 5) el resultado de esta ecuación del tipo lineal, no permite establecer un distanciamiento óptimo hasta cuánto afecta y cuando se incrementa nivel de nitrógeno.

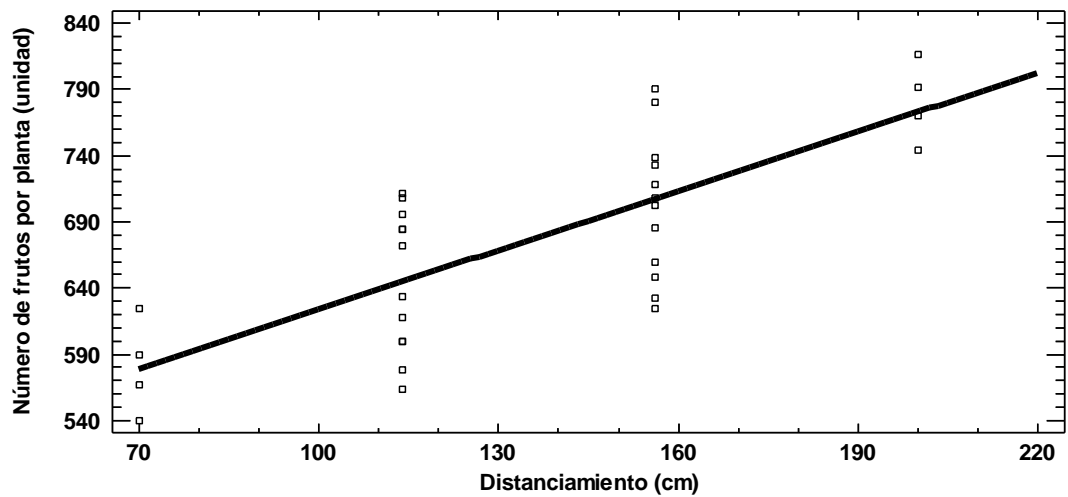


Figura 5. Función lineal de número de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina

Fuente: Elaboración propia

5.3. Diámetro de fruto (cm)

Tabla 12. Análisis de varianza de diámetro de fruto de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Bloques	3	0,09	0,03	6,38	*
Tratamiento	7	4,81	0,687	146	*
Error	21	0,01	0,0047		
Total	31	4,91			

CV = 0,7 *= significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, el análisis de varianza de diámetro de frutos muestra que hay diferencias estadísticas entre bloques y entre tratamientos. Por lo que se procedió a realizar el análisis de regresión.

Tabla 13. Análisis de regresión de diámetro de fruto de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Regresión	3	4,60777	1,53592	165,14282	*
Error	28	0,26042	0,00930		
Total	31	4,86819			

$R^2 = 94,07 \%$ *= significativo

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de regresión, (tabla 13) presenta diferencias estadísticas lo que indica que las variables niveles de nitrógeno y distanciamiento de plantación influye en diámetro de fruto. El coeficiente de determinación 94,07 % de variabilidad de diámetro de fruto es debido a niveles de nitrógeno y distanciamiento de plantación.

Tabla 14. Prueba de coeficientes de diámetro de fruto de aguaymanto ecotipo cajamarquina

Variables	Coficiente	Error est.	Tc	T
Intercepción	-1,77006	0,23937	-7,39456	
X ₁	0,04125	0,00349	11,81609	*
X ₁ ²	-0,00013	1,2304E-05	-10,81584	*
X ₂	0,00646	0,00053	12,24978	*

X₁= Nitrógeno lineal; X₁²= Nitrógeno cuadrática; X₂= Distanciamiento

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, la prueba de significación de coeficientes de regresión, indica que fueron significativos para el factor nitrógeno con respuesta

lineal (X_1) y cuadrática (X_1^2), en tanto que el factor distanciamiento (X_2) fue significativo con la respuesta lineal, la ecuación es la siguiente;

$$\hat{Y} = -1,77006 + 0,04125X_1 + 0,00646X_2 - 0,00013X_1^2$$

Realizando la derivada de esta ecuación se obtiene un nivel de nitrógeno óptimo de 179,26 kg/ha, lo que permite alcanzar 2,40 cm de diámetro de fruto.

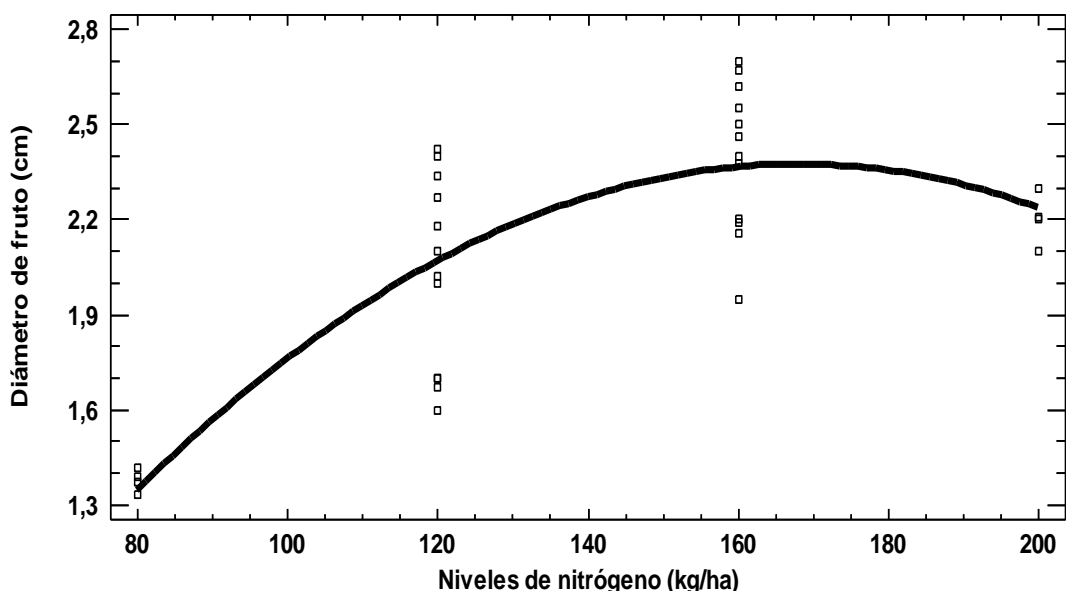


Figura 6. Función cuadrática de diámetro de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, de diámetro de frutos y niveles de nitrógeno se observa que a medida que sube la dosis de nitrógeno, el diámetro de frutos se

incrementa luego llega a disminuir el diámetro de fruto, siendo el óptimo 179,26 kg/ha.

Criollo & Lagos (2014), mencionan que los frutos son bayas esféricas de 1,5 a 3,5 cm de diámetro, mientras que Fischer, (2014) indica el diámetro de fruto es de 1,25 a 2,5 cm de diámetro, el resultado obtenido de esta investigación está dentro de los rangos con 2,40 cm de diámetro de fruto. La variable distanciamiento influye positivamente a diámetro de fruto, al no existir una respuesta cuadrática no se determinó el distanciamiento óptimo como se puede ver en la figura 7.

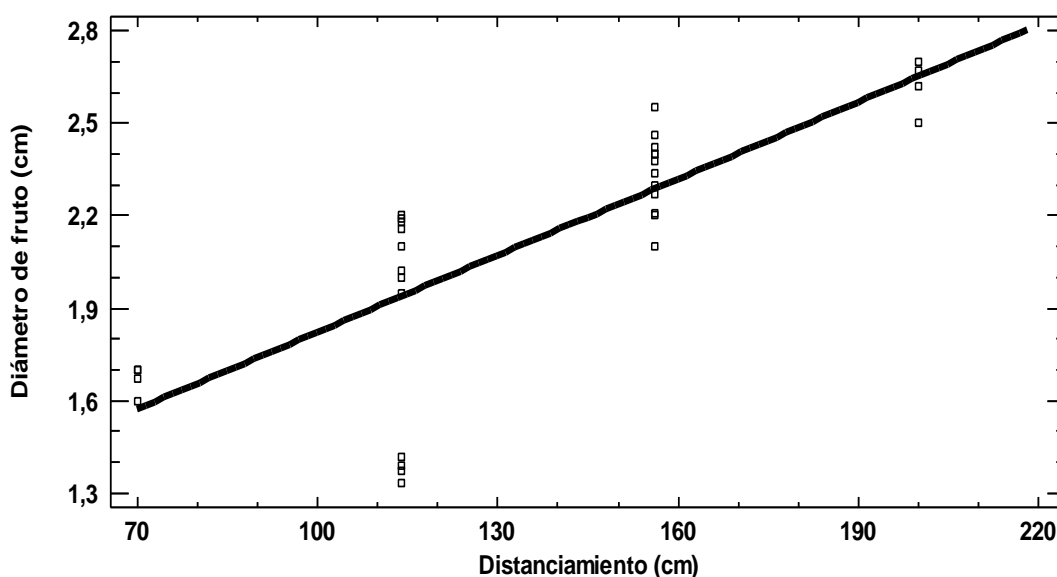


Figura 7. Función lineal de diámetro de fruto de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

5.4. Peso de 10 frutos (g)

Tabla 15. Análisis de varianza de peso de 10 frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Bloques	3	3,56	1,18	0,18	ns
Tratamiento	7	2 579,64	368,52	52	*
Error	21	147,5	7,023		
Total	31	2 730,70			

CV = 0,82 *= significativo ns= no significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15, el análisis de varianza de peso de 10 frutos, muestra que no hubo diferencias estadísticas entre bloques, para los tratamientos se encontró diferencias estadísticas significativas lo que indica que al menos uno de los tratamientos difiere de los demás en peso de 10 frutos, por lo que se realizó el análisis de regresión.

Tabla 16. Análisis de regresión de peso de 10 frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Regresión	3	2 979,00	993,00	235,95	*
Error	28	117,84	4,21		
Total	31	3 096,83			

R² = 95,78 % *= significativo

Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión de peso de 10 frutos, (tabla 16) indica que existe diferencia estadística significativa lo que permite afirmar que el modelo escogido fue el adecuado para el experimento. El valor R^2 indica que el 79,91 % de la variación de peso de 10 frutos es debido a efectos de variable nitrógeno (X_1) y distanciamiento (X_2) de plantación.

Tabla 17. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de peso de 10 frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina

Variables	Coefficiente	Error est.	Tc	T
Intercepción	-57,88098	5,09194	-11,36718	
X_1	1,00978	0,07427	13,59669	*
X_1^2	-0,00349	0,00026	-13,36447	*
X_2	0,20863	0,01122	18,60324	*

X_1 = Nitrógeno lineal; X_1^2 = Nitrógeno cuadrática; X_2 = Distanciamiento

Fuente: elaboración propia

La tabla 17, muestra que fueron significativos, con respuesta lineal (X_1) y cuadrática (X_1^2), para los niveles de nitrógeno y lineal (X_2) para distanciamiento entre plantas cuya función de respuesta fue:

$$\hat{Y} = - 57,88098 + 1,00978X_1 + 0,20863X_2 - 0,00349X_1^2$$

Para determinar el nivel óptimo de nitrógeno se aplicó la derivada parcial con respecto al nitrógeno obteniendo 174,17 kg/ha, lo que permite obtener un peso de 10 48,29 g de 10 frutos de aguaymanto, individualizando tenemos un peso de 4,829 g por fruto.

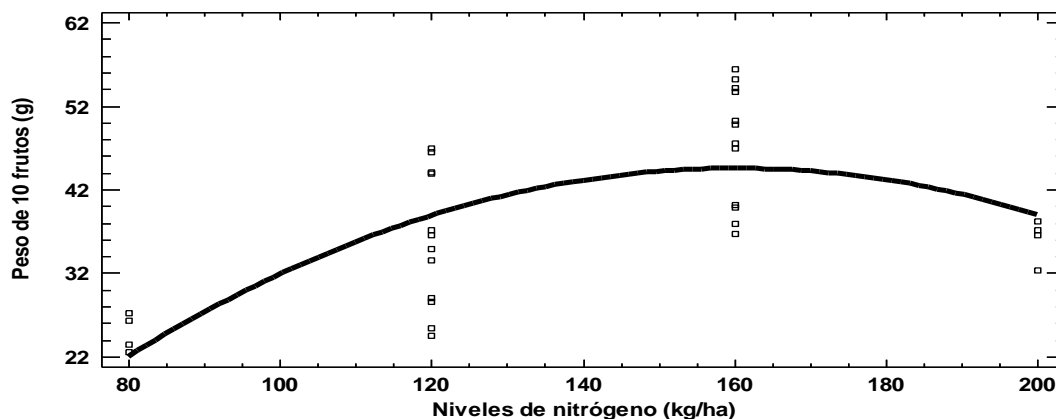


Figura 8. Función cuadrática de peso de 10 de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8, se observa los diferentes niveles de nitrógeno y peso de 10 frutos, llega a un punto donde el peso de 10 frutos disminuye conforme se incrementa el factor nitrógeno; siendo el adecuado 174,14 kg/ha.

Méndez (2013), en la investigación titulada “Transporte de nitrógeno en *Physalis peruviana* L. como respuesta a la aplicación del nitrato y amonio en la solución nutritiva”, indica que el peso promedio de los frutos con cáliz va de 2,84 g (100/0) a 3,43 g (75/25), consiguiendo rendimientos mayores con la aplicación combinada de las dos formas iónicas del nitrógeno nitrato y amonio. La presente investigación obtuvo un óptimo de peso de 10 frutos de 48,29 g, individualizando se tiene un peso de 4,82 g por fruto, estos resultados se encuentran dentro de los parámetros mencionados por Álvarez (2012), Fischer (2014) y Dostert (2011) el peso

de fruto fluctúa entre 4 a 8 g. La variable distanciamiento de plantación influye a peso de 10 frutos positivamente como se aprecia en la figura 9.

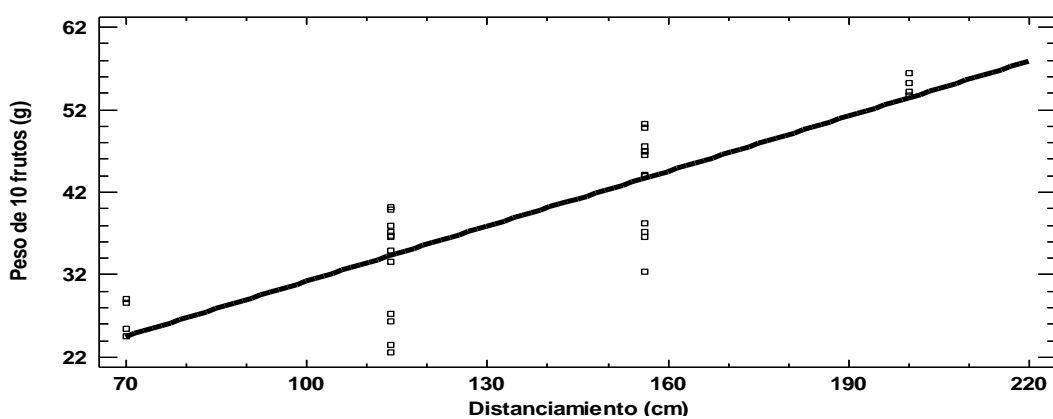


Figura 9. Función lineal de peso de 10 de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

5.5. Longitud del cáliz

Tabla 18. Análisis de varianza de longitud de cáliz de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Bloques	3	0,511	0,17	4,04	*
Tratamiento	7	9,66	2,66	63	*
Error	21	0,09	0,042		
Total	31	10,25			

CV = 0,75 * = significativo ns = no significativo

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza, longitud de cáliz de aguaymanto, (tabla 18) indica que hay diferencias estadísticas a nivel de bloques, que quiere

decir que cada bloque se comportó de diferente manera así mismo para los tratamientos hubo diferencias estadísticas.

Tabla 19. Análisis regresión de longitud de cáliz de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Regresión	3	9,54461	3,18153	126,46856	*
Error	28	0,70438	0,025157		
Total	31	10,249			

R² = 92,39 % *= significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 19, análisis de regresión de longitud de cáliz, muestra que hay diferencias estadísticas, lo que indica que existe relación entre variables. El valor R² indica que el 92,39 % de la variación de longitud de cáliz se da debido a efectos de variable nitrógeno y distanciamiento de plantación.

Tabla 20. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de longitud de cáliz de aguaymanto ecotipo cajamarquina

Variables	Coficiente	Error est.	Tc	T
Intercepción	-1,76334	0,39368	-4,47906	
X ₁	0,05111	0,00574	8,90051	*
X ₁ ²	-0,00017	2,0235E-05	-8,46824	*
X ₂	0,01152	0,00087	13,28535	*

X₁= Nitrógeno lineal; X₁²= Nitrógeno cuadrática; X₂= Distanciamiento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se observa los diferentes niveles de nitrógeno y longitud de cáliz, a medida que aumenta los niveles de nitrógeno aumenta la longitud de cáliz, llega a punto donde disminuye la longitud de cáliz, siendo el óptimo 3,73 cm. En esta investigación se obtuvo una longitud cáliz de 3,73 cm inferior a lo mencionado por (Álvarez, 2012; Almaza & Fischer, 2012; Mendez, 2013) indican que el cáliz de la flor llega a un tamaño de 4 a 5 cm de largo.

Para la variable “distanciamiento, influye positivamente a longitud de aguaymanto”, al no encontrar una respuesta cuadrática no se determinó el distanciamiento adecuado, como se aprecia en la figura 11.

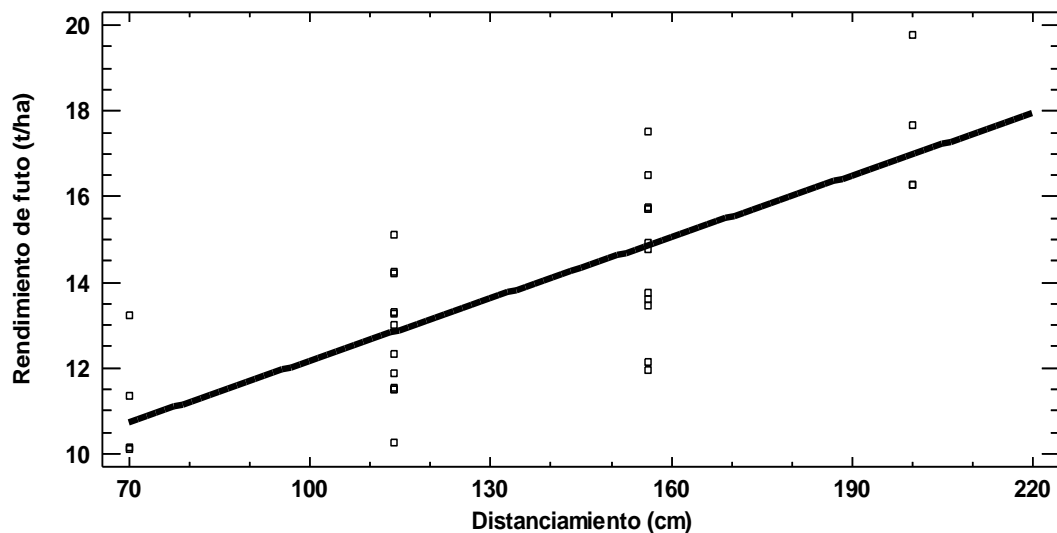


Figura 11. Función lineal de longitud de cáliz de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

5.6. Rendimiento de frutos en toneladas por hectárea

Tabla 21. Análisis de varianza de rendimiento de frutos en toneladas por hectárea de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Bloques	3	11,936	3,97	0,0154	ns
Tratamiento	7	178,299	25,47	10	*
Error	21	54,097	2,57		
Total	31	244,332			

CV = 1,43 * = significativo ns = no significativo

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza de rendimiento de frutos, (tabla 21) muestra que no hay diferencias estadísticas, es decir, que cada uno de los bloques se comportó de manera similar, entre tratamientos hubo diferencias estadísticas en donde uno de los tratamientos es superior a las demás en rendimiento de fruto, lo que indica que uno de las variables independientes afecto el rendimiento de fruto de aguaymanto por lo que se procedió a realizar el análisis de regresión.

Tabla 22. Análisis de regresión de rendimiento de frutos (t/ha) de aguaymanto ecotipo cajamarquina

F. de V	GL	SC	CM	FC	F
Regresión	3	131,08959	43,69653	28,05217	*
Error	28	43,61527	1,55768		
Total	31	174,70486			

$R^2 = 72,36\%$ * = significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22, análisis de varianza de regresión de rendimiento de frutos por hectárea, se muestra la diferencia estadística significativa lo que indica que existe relación entre variables y al menos uno de los factores influye en rendimiento de frutos. El valor del R^2 indica que el 72,36 % de la variación del rendimiento de frutos es debido factores de nitrógeno (X_1) y distanciamiento (X_2) de plantación.

Tabla 23. Prueba de significación de los coeficientes de regresión de rendimiento de frutos (t/ha) aguaymanto ecotipo cajamarquina

Variables	Coefficiente	Error est.	Tc	T
Intercepción	-5,24411	3,09786	-1,69282	
X_1	0,19116	0,04518	4,23087	*
X_1^2	-0,00067	0,00016	-4,25323	*
X_2	0,04743	0,00682	6,95105	*

X_1 = Nitrógeno lineal; X_1^2 = Nitrógeno cuadrática; X_2 = Distanciamiento
Fuente: Elaboración propia

La prueba de significación de los coeficientes de regresión, (tabla 23) indica que fueron significativos para el factor nitrógeno con respuesta lineal (X_1) y cuadrática (X_1^2), en tanto el factor distanciamiento (X_2), fue significativo con la respuesta lineal, de donde se obtiene la siguiente ecuación;

$$\hat{Y} = - 5,24411 + 0,19116X_1 + 0,04743X_2 - 0,00067X_1^2$$

Realizando la derivada se obtuvo un óptimo de nivel de nitrógeno de 176,14k g/ha, lo que permite predecir una producción de frutos por hectárea de 15,76 toneladas.

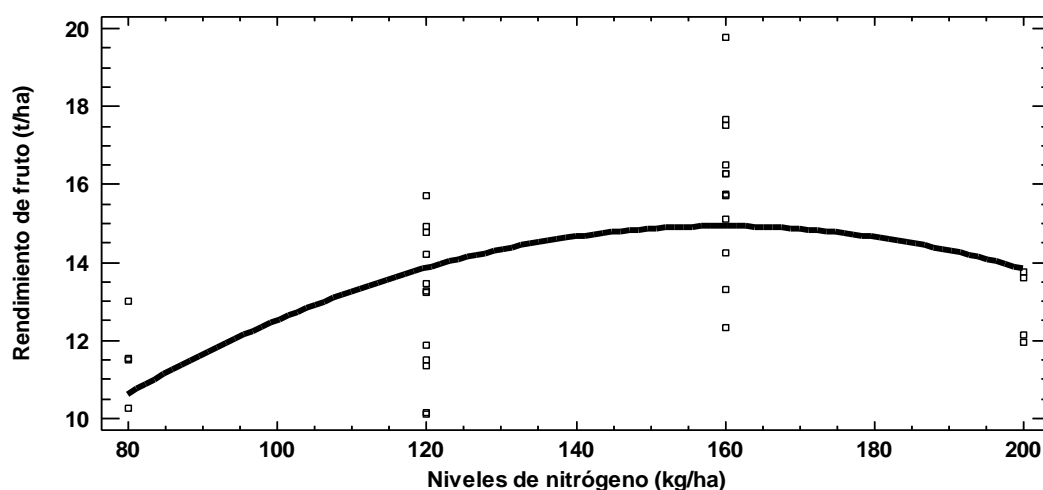


Figura 12. Función cuadrática de rendimiento de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12, de rendimiento de fruto de aguaymanto, se observa que a medida que aumenta la dosis de nitrógeno, tiende a disminuir el rendimiento de fruto, siendo el adecuado de 176,14 kg/ha.

Frank Eschreiber (2011), indica que en condiciones de sierra el rendimiento fluctúa 5 a 10 t/ha, mientras que en la costa de 10 a 20 t/ha dependiendo del tipo de suelo y manejo de cultivo, esta investigación está dentro del rango de lo que afirma este autor teniendo con 15,76 t/ha, encontrándose también dentro de los parámetros afirmados por Dostert

(2013), en cultivos bien cuidados se puede obtener hasta 20 t/ha. Mientras que Fischer (2014), indica que en Ecuador y Colombia se encontraron rendimientos inferiores a la investigación teniendo 13,5 y 14,4 t/ha en condiciones de sistemas de producción semitecnificadas.

Palacios (2013), en la tesis “Evaluación de la respuesta a la fertilización química y orgánica de la uvilla (*Physalis peruviana* L)”, encontró que el rendimiento con la fertilización química Proexant, obtuvo el mejor rendimiento con 10 471,96 kg/ha/año, mientras que el rendimiento con la fertilización orgánica lo obtuvo 6 198,42 kg/ha/año. Este resultado es inferior al resultado obtenido en la investigación teniendo un 15,76 t/ha/año de frutos cosechados.

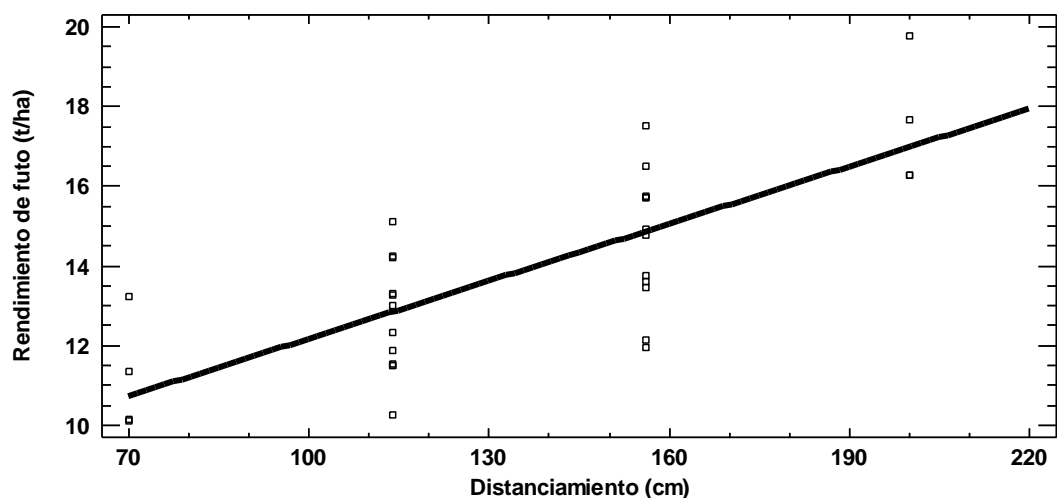


Figura 13. Función lineal de rendimiento de frutos de aguaymanto ecotipo cajamarquina.

Fuente: Elaboración propia

Si bien se puede confirmar la intervención del factor distanciamiento en el rendimiento de fruto, la respuesta de tipo lineal no permite establecer un nivel óptimo o un límite hasta donde se puede aumentar el nivel de distanciamiento de plantación; como se observa en figura 13.

CONCLUSIONES

1. El nivel nitrógeno óptimo para el rendimiento de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) ecotipo cajamarquina, en el Centro Experimental Agrícola III, los Pichones – Tacna, fue de 176,14 kg/ha, estimándose 15,76 t/ha de peso de fruto.
2. El distanciamiento de plantación adecuado para aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) ecotipo cajamarquina, en el Centro Experimental Agrícola III, los Pichones – Tacna, no se determinó por tener una respuesta lineal el peso de fruto de aguaymanto.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar 176,14 kg/ha de nitrógeno en el rendimiento de fruto de aguaymanto en condiciones similares al CEA III Los Pichones.
2. Se recomienda seguir realizando trabajos de investigación para determinar el distanciamiento óptimo de plantación para lograr alta producción.
3. Se debe realizar estudios con diferentes tipos de ecotipos de aguaymanto con la finalidad de poder comparar el efecto de los diferentes niveles de nitrógeno en la región de Tacna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adame, B. E. (2007). *Evaluación de métodos y densidades de siembra en trigo en la zona centro de Nuevo León. Informe de investigación.* Nuevo León: INIFAP.
- Almaza, P. J., & Fischer, G. (2012). *Fisiología del cultivo de uchuva (Physalis peruviana L.)*. Bogotá: Facultad de Agronomía.
- Alvarez, G. (2012). *Manual Técnico para cultivo de uvilla (Physalis peruviana L.)*. Loja.
- AMPEX. (2008). *perfil del aguaymanto*. Chiclayo.
- Ángulo, A. F., & Laurent, R. (2011). Uchuva (*Physalis peruviana L.*). *CropScience*, 60.
- Araujo, G. E. (2012). *El cultivo del Aguaymanto o Tomatillo (Physalis peruviana L.) Cajamarca-Perú serie: Manejo técnico en los andes del Perú cultivos andinos*. Cajamarca.
- Ayala, C. (2008). *Evaluación de tres densidades de siembra y tres sistemas de poda en el cultivo de uchuva (Physalis peruviana L.)*,

ecotipo Colombia, bajo invernadero. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Facultad de Agronomía.

Benavides, P. (2008). *“Estudio del comportamiento poscosecha de la uvilla (Physalis peruviana L.) sin capuchón” Universidad Técnica del Norte . Ibarra : Ciencias agropecuarias.*

Castro, Z. R. (2007). *La eficiencia de la urea con respecto al sulfato y nitrato de amonio en maíz de temporal. Tesis de Maestro en Ciencias. . Chapingo, México.*

Criollo, A., & Lagos, D. (2014). Comportamiento de tres genotipos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes sistemas de poda. *Revista Colombiana de Ciencia Hortícolas*, 80.

Dostert, N. (2013). *Cultivo de aguaymanto (Physalis peruviana L.).* Huaraz.

Eschreiber, F. (2011). *Estudio de pre factibilidad para la producción y comercialización de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en condiciones de valles andinos.* Junín.

FAO, (2009). *Los fertilizantes y su uso.* Cuarta edición. Roma.

Fischer, G. (2014). Importancia del cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Bras. Frutic.*, 90.

Fischer, G., & Melgarejo, L. M. (2012). *Ecofisiología de la uchuva (Physalis peruviana L.)*. Bogotá.

Fischer, G., & Miranda, D. (2012). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Bogotá: Produmedios.

Fisher, G., Flores, V., & Sora, A. (2009). “*Producción, Poscosecha y Exportación de la uchuva (Physalys peruviana L.)*”. Medellín.

Garcia, P., & Lucena, J. J. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*.

Gastelum, D. (2012). *Demanda nutrimental y manejo agronómico de Physalis peruviana L.* . Texococo: Ciencias Agrícolas .

INPOFOS. (2012). *Manual internacional de fertilidad de suelos (instituto de la potasa y el fósforo ac inpofofos)*.

Lopez, A. G. (2009). *Evaluación de la absorción de Nitrógeno en diferentes etapas fonológicas del trigo (Triticin aestivium L.)*. Tesis FAUANL .

Mancheno, E. (2010). *Manual para el cultivo sustentable de uvilla (Physalis peruviana L.)*. Quito: INTA.

Marhner, H. (2008). *Nutrición mineral en plantas mayores*. Boston USA: 6° edición Academic Press.

Mendez, E. (2013). *Transporte de nitrógeno en Physalis peruviana L. como respuesta a la aplicación de nitrato y amonio en la solución nutritiva*. Montecillo.

MINCETUR. (2009). *Asistencia Técnica para los Planes Operativos Sectoriales (POS)*.

Norha, C., Rodriguez, C., & Bueno, M. L. (2006). *Estudio de la fertilidad citogenética de Physalis peruviana L.* Colombia: Facultad de Ciencias.

Palacios, M. P. (2013). *Evaluación de la respuesta a la fertilización química y orgánica de Physalis peruviana L. en la provincia de Imbadura cantón Antonio Ante*. Quito.

PDRS/GIZ. (2011). *Proyecto de Desarrollo Rural*. Cajamarca.

PROFRUT PERÚ. (2010). *Boletín técnico de cultivo de aguaymanto*. Cajamarca.

Rodriguez, S. F. (2010). *Fertilizantes y Nutrición vegetal*. .

Sanchez, A. E. (2007). *Dinámica de urea y sulfato de amonio en suelos calcareos del estado de Nuevo León*. . Chapingo, México.

Tislade, S., & Nelson, W. (2007). *Fertilidad de los suelos y Fertilizantes*.
Barcelona, España: Montaner y Simón.

Turrent, F. A., & Laird, R. J. (1975). *La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos*.
Chapingo, México.

Vallejo , C. (2009). *Producción comercial de uvilla (Physalis peruviana L.)*.
Quito - Ecuador: Facultad de Ciencias Agrícolas .

ANEXOS

Anexo 1. Promedio de altura de planta (cm)

TRATANIENTOS	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	127,3	124,3	114,8	123,3	122,4
T2	136,3	142,8	132,5	130,7	135,6
T3	129,3	131,3	136,3	122,5	129,9
T4	115,3	121,3	120,3	112,5	117,4
T5	103	98	100,3	110	102,8
T6	92,8	107,8	96,5	97,3	98,6
T7	145	147	152,5	148,5	148,3
T8	102,8	102,7	117,3	123,5	111,6

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Promedio de número de frutos por planta (unidad)

TRATANIENTOS	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	708	702	718	686	704
T2	780	790	739	733	761
T3	708	684	712	696	700
T4	684	600	634	672	648
T5	540	624	567	589	580
T6	618	600	564	578	590
T7	770	792	816	744	781
T8	624	636	660	648	642

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Promedio de peso de 10 frutos (g)

TRATANIENTOS	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	43,92	47,01	43,52	41,07	43,88
T2	48,64	51,31	46,99	49,89	49,21
T3	40,17	43,93	48,7	45,88	44,67
T4	37,58	34,97	38,18	33,63	36,09
T5	32,49	33,62	30,58	29,05	31,43
T6	27,28	23,52	26,38	28,45	26,4
T7	53,78	55,18	57,27	56,44	55,67
T8	39,59	32,38	37,21	40,25	37,36

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Promedio de diámetro de fruto (cm)

TRATANIENTOS	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	2,34	2,4	2,27	2,42	2,36
T2	2,55	2,46	2,38	2,4	2,45
T3	2,2	2,16	1,95	2,19	2,13
T4	2,18	2	2,02	2,1	2,08
T5	1,7	1,67	1,6	1,7	1,67
T6	1,42	1,37	1,33	1,39	1,38
T7	2,7	2,62	2,5	2,67	2,62
T8	2,3	2,21	2,1	2,2	2,2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Promedio de longitud de cáliz (cm)

TRATANIENTOS	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	3,65	3,43	3,68	3,59	3,59
T2	3,91	3,68	3,91	3,9	3,85
T3	3,5	3,14	3,44	3,4	3,37
T4	3,3	2,87	3,3	3,15	3,16
T5	2,83	2,47	2,96	2,71	2,74
T6	2,67	2,36	2,75	2,57	2,59
T7	4,51	4,22	4,56	4,36	4,41
T8	3,4	3,29	3,46	3,27	3,36

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Promedio de rendimiento de fruto por hectárea (t)

TRATANIENTOS	I	II	III	IV	PROMEDIO
T1	14,93	15,73	13,45	14,78	14,72
T2	17,51	15,75	15,73	16,52	16,38
T3	14,23	13,32	15,1	12,31	13,74
T4	13,26	11,87	14,21	11,51	12,71
T5	11,35	13,21	10,14	10,12	11,21
T6	12,99	11,53	10,49	10,24	11,31
T7	19,77	20,3	16,27	17,67	18,5
T8	13,74	12,14	13,59	11,97	12,86

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Costo de producción de cultivo de aguaymanto ecotipo cajamarquina

Actividades	Unidad	Cantidad	Costo unit s/.	Costo total s/
COSTOS DIRECTOS				
Laboreo del suelo				
Despojo y quema	Jornal	1	60	60
Riego de Machaco	jornal	1	60	60
Aradura y surqueo	H-Maq	1	70	70
Nivelado	jornal	1	60	60
Labores culturales				
Aplicación de abonamiento	Jornal	1	60	60
Aplicación de fertilizantes	Jornal	1	60	60
Deshierbo manual	Jornal	3	60	180
Control fitosanitario	Jornal	6	60	360
Riegos	Jornal	5	60	300
Cosecha y selección	jornal	12	60	720
Insumos				
Fertilizantes				
Urea	kg	30	1,5	37,5
Sulfato de potasio	kg	20	2,6	52
Fosfato di amónico	kg	20	1,6	32
Pesticidas				
Rizolex	Unid.	1	90	90
Adherente	litro	2	20	40
Kenyo	litro	1	85	85
Bayfidan	litro	1	260	260
Lannatte	Unid.	1	15	15
Sunfire	250ml	2	95	190
Proclaen	Unid.	1	70	70
Cipermex	litro	1	55	55
Lanzer	litro	1	150	150
Abonos foliares				
Kelpac	litro	1	70	70
Vital W	litro	2	14	28

TOTAL COSTOS DIRECTOS	3 104,5
COSTOS INDIRECTOS	
Gastos administrativo	155,2
Imprevistos	93,12
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	248,32
TOTAL COSTOS DE PRODUCCION	3 352,82

*costo aproximado solo para el campo experimental de 564m²

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Labores culturales



Limpieza del terreno



Aplicación de estiércol



Preparación del terreno



Incorporación de fertilizante

Anexo 9. Riego, trasplante de plántula, estacado y amarrado de plántulas



Trasplante



Medición para trasplante



Amarre en estacas

Anexo 10. Plántulas en bandeja a los 30 días y 60 días



Plántulas en vivero (30 días)



Plántulas en vivero (60 días)

Anexo 11. Crecimiento de planta



A 30 días de trasplante



Inicio de floración



Botón floral



Plena floración



A 60 días de trasplante

Anexo 12. Aplicación de fertilizante urea etapa de floración y llenado de frutos



Aplicación de urea



Etapa de floración



Llenado de frutos



Anexo 13. Ataque de plagas y enfermedades



Cáliz perforado por *Heliothis virescens*



Fruto perforado por *Heliothis virescens* en etapa de llenado



Planta con ataque de *Tuta absoluta* a los 15 días de trasplante



Anexo 14. Cosecha de aguaymanto



Cosecha de frutos maduros



Cosecha de frutos por tratamiento



Anexo 15. Medición de muestras



Peso de muestras por tratamiento



Medición de diámetro de frutos con vernier



Medición de longitud de cáliz con cinta métrica