

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE DOS
CULTIVARES DE SANDÍA (*Citrullus lanatus* Thunb.) SANTA AMELIA
Y DELTA EN EL CEA III LOS PICHONES TACNA**

TESIS

Presentada por:

Bach. CLAUDIA CARMEN ESCOBAR ROQUE

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

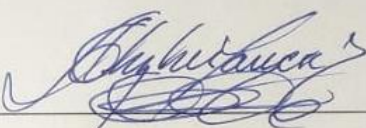
Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

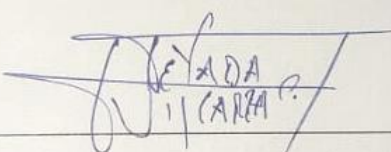
"EFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE DOS CULTIVARES DE SANDÍA (*Citrullus lanatus* Thunb.) SANTA AMELIA Y DELTA EN EL CEA III LOS PICHONES TACNA"

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 1 DE FEBRERO DEL 2024,
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

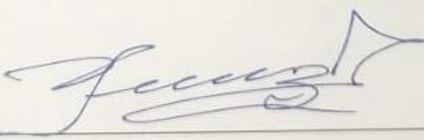
PRESIDENTE:


MSc. ARISTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

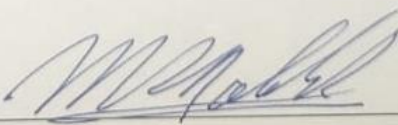
MIEMBRO:


Dr. JUAN CARLOS TEJADA VIZCARRA

MIEMBRO:


MSc. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

ASESOR:


MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO, en mi condición de ASESOR del trabajo tesis titulado " EFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE DOS CULTIVARES DE SANDÍA (*Citrullus lanatus Thunb.*) SANTA AMELIA Y DELTA EN EL CEA III LOS PICHONES TACNA " presentado por el bachiller Claudia Carmen Escobar Roque. Para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de Trabajo TESIS y producción intelectual de la UNJBG, considerando que según la evaluación realizada a través de software de similitud textual Turnitin cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es de 9 % de similitud general. Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD del Trabajo Informe que está de acuerdo al nivel permitido, para continuar con los tramites correspondientes y para su publicación. Se emite el presente certificado con los fines de continuar con los tramites respectivos para su publicación en el Repositorio Institucional.

TACNA, 19 de diciembre 2024



MSc. Magno Santos Robles Tello

DNI 04416082

Asesor de Tesis



Bach. Claudia Carmen Escobar Roque

DNI 71898277

Tesista



DEDICATORIA

A Dios: suya es la honra y la gloria, por iluminarme y permitirme culminar mí carrera profesional. A toda mi familia que los amo y en especial a mis padres. ¡Gracias por todo lo que me han dado y gracias por ser mis padres!

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a mi asesor de tesis MSc. Magno Santos Robles Tello, gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo de investigación.

A los profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias que me han visto crecer como persona, agradecer sus conocimientos compartidos, hoy puedo sentirme dichosa y orgullosa.

A mis padres German y Francisca, mis hermanos, agradecer su amor, cariño y constancia por hacer de mí una persona de bien.

A mis mejores amigos y compañeros de estudio.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problema específico	5
1.3. Delimitación de la investigación.....	5
1.3.1. Espacio geográfico	5
1.3.2. Tiempo.....	5
1.3.3. Sujetos de observación	5
1.4. Justificación	6

1.5. Limitaciones.....	7
CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1. Objetivos de la investigación	8
2.1.1. Objetivo general	8
2.1.2. Objetivo específico	8
2.2. Hipótesis de la investigación.....	9
2.2.1. Hipótesis general.....	9
2.2.2. Hipótesis específicas	9
2.3. Variables.....	9
2.3.1. Variables independientes (X).....	9
2.3.2. Variables dependientes (Y)	10
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO	11
3.1. Antecedentes.....	11
3.2. Generalidades del cultivo de sandía.....	18
3.2.1. Origen.....	18
3.2.2. Taxonomía.....	18
3.2.3. Morfología.....	19
3.2.4. Factores edafoclimáticos	20
3.3. Cultivares de sandia	24
Delta	24
Santa Amelia	25

3.3. Nutrición de la sandia	25
3.4. El nitrógeno en el suelo	26
3.5. El papel del nitrógeno a nivel extracelular	27
3.6. Rol del nitrógeno en las plantas.....	29
3.7. Deficiencia de nitrógeno en la planta.....	30
3.8. Factores que afectan la disponibilidad de nitrógeno.....	31
3.9. Efecto de la fertilización nitrogenada en el cultivo de sandía	32
CAPÍTULO IV MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1. Tipo de investigación	34
4.2. Ubicación del campo experimental	34
4.3 Historia del campo experimental.....	34
4.4. Características del suelo	35
4.5. Datos meteorológicos	36
4.6. Material experimental	36
4.6.1. Características de los cultivares de sandía	37
4.7. Factores en estudio	37
4.8. Variables de respuesta	38
4.8.1. Longitud de planta	38
4.8.2. Número de frutos por planta	39
4.8.3. Longitud de fruto.....	39
4.8.4. Diámetro de fruto.....	39

4.8.5. Peso promedio de frutos.....	39
4.8.6. Rendimiento de frutos por hectárea	40
4.8.7. Grados Brix (Bx)	40
4.9. Diseño experimental	40
4.10. Características del campo experimental	40
4.11. Aleatorización de tratamientos en el campo	42
4.12. Análisis estadístico	42
4.13. Instalación y conducción del experimento	43
4.13.1. Preparación del terreno	43
4.13.2. Almacigo.....	43
4.13.3. Trasplante.....	43
4.13.4. Riegos	44
4.13.5. Fertilización	44
4.13.6. Control de malezas.....	45
4.13.7. Control de plagas y enfermedades.....	46
4.13.8. Cosecha	46
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
5.1. Resultados.....	48
5.1.1. Longitud de planta	48
5.1.2. Número de frutos por unidad experimental	51
5.1.3. Longitud de fruto.....	54

5.1.4. Diámetro de fruto	56
5.1.5. Peso de fruto	59
5.1.6. Grados Brix.....	61
5.1.7. Rendimiento por unidad experimental	62
5.1.8. Rendimiento por hectárea	66
5.2. Discusión de los resultados	71
CONCLUSIÓN.....	77
RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis físico - químico del suelo	35
Tabla 2. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución de la investigación	36
Tabla 3. Factores, combinaciones y tratamientos en estudio	38
Tabla 4. Análisis de varianza de longitud de planta de sandía	48
Tabla 5. Prueba de rangos múltiples de Tukey para longitud de planta de sandía	49
Tabla 6. Análisis de regresión para longitud de planta de sandía (m)	49
Tabla 7. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	50
Tabla 8. Análisis de varianza para número de frutos por unidad experimental	51
Tabla 9. Análisis de regresión para número de frutos por unidad experimental	52
Tabla 10. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	52
Tabla 11. Análisis de varianza para longitud de frutos de sandía.....	54
Tabla 12. Análisis de regresión para longitud de fruto de sandía (cm)....	54
Tabla 13. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	55

Tabla 14. Análisis de varianza para diámetro de fruto de sandía (cm)....	56
Tabla 15. Análisis de regresión para diámetro de fruto de sandía (cm)	57
Tabla 16. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	57
Tabla 17. Análisis de varianza para peso de fruto de sandía (kg)	59
Tabla 18. Análisis de regresión para peso de fruto de sandía (kg).....	59
Tabla 19. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	60
Tabla 20. Análisis de varianza para grados Brix (Brix)	61
Tabla 21. Análisis de varianza para rendimiento por unidad experimental (kg)	62
Tabla 22. Análisis de regresión para rendimiento por unid. experimental del cv. Delta.....	63
Tabla 23. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	63
Tabla 24. Análisis de regresión para rendimiento por unid. experimental del cv. Santa Amelia	64
Tabla 25. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	65
Tabla 26. Análisis de varianza para rendimiento por hectárea (t ha ⁻¹)	66

Tabla 27. Análisis de regresión para rendimiento para rendimiento por hectárea del cv. Delta	67
Tabla 28. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	68
Tabla 29. Análisis de regresión para rendimiento por hectárea del cv. Santa Amelia.....	69
Tabla 30. Prueba de significación de los coeficientes de regresión	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aleatorización de tratamientos en el campo experimental	42
Figura 2. Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en la longitud de planta de sandía	50
Figura 3. Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el número de frutos de sandía por unidad experimental.....	53
Figura 4. Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en la longitud de frutos de sandía	56
Figura 5. Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el diámetro de frutos de sandía	58
Figura 6. Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el peso de frutos de sandía	60
Figura 7. Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el rendimiento por unidad experimental del cv. Delta	64
Figura 8. Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el rendimiento por unidad experimental del cv. Santa Amelia	66
Figura 9. Efecto de niveles de nitrógeno (t ha^{-1}) en el rendimiento por hectárea del cv. Delta	68

Figura 10. Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el rendimiento por unidad experimental del cv. Santa Amelia 70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis del suelo	89
Anexo 2. Datos originales de longitud de planta (m).....	90
Anexo 3. Datos originales de numero de frutos/UE (unid.)	90
Anexo 4. Datos originales de longitud de frutos (cm).....	91
Anexo 5. Datos originales de diámetro de frutos (cm)	91
Anexo 6. Datos originales de peso de frutos (cm).....	92
Anexo 7. Datos originales de grados °Brix”.....	92
Anexo 8. Datos originales de rendimiento por unidad experimental (kg).....	93

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”, Tacna, cuyo objetivo fue determinar el nivel óptimo de nitrógeno en el rendimiento de los cultivares de sandía Santa Amelia y Delta, los factores en estudio fueron niveles de nitrógeno: 100; 200; 300 kg ha⁻¹ y cultivares: Santa Amelia y Delta; el diseño experimental fue bloques completos aleatorios con el arreglo factorial de 3x2, y tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó utilizando el análisis de varianza; la prueba estadística fue F a un nivel de significación de 5 y 1 %; para determinar la tendencia se utilizó el análisis de regresión, en el que la respuesta del rendimiento a los diferentes niveles de nitrógeno fue lineal en el cv. Delta, por lo tanto, al incrementar un kg de nitrógeno el rendimiento se incrementa en 0,1081 t/ha. Mientras que, el cv. Santa Amelia el máximo rendimiento de frutas de sandía fue de 49,08 t ha⁻¹, utilizando 218,44 kg ha⁻¹ de N.

Palabras clave: *Citrullus lanatus*, nitrógeno, cultivares, niveles, rendimiento.

ABSTRACT

The present research work was carried out at the Centro Experimental Agrícola III "Los Pichones", Tacna, whose objective was to determine the optimal level of nitrogen in the yield of the Santa Amelia and Delta watermelon cultivars, the factors under study were levels of nitrogen: 100; 200; 300 kg ha⁻¹ and cultivars: Santa and Delta; the experimental design was randomized complete blocks with the factorial arrangement of 3x2, and three repetitions. Statistical analysis was performed using analysis of variance; the statistical test was F at a significance level of 5 and 1%; Regression analysis was used to determine the trend, in which the yield response to the different nitrogen levels was linear in cv. Delta, therefore, when increasing one kg of nitrogen, the yield increases by 0,1081 t / ha. While, the cv. Santa Amelia the maximum watermelon fruit yield was 49,08 t ha⁻¹, using 218,44 kg ha⁻¹ of N.

Keywords: *Citrullus lanatus*, nitrogen, cultivars, levels, yield.

INTRODUCCIÓN

La sandía es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo y representa el 6,8 % del área mundial dedicada a la producción de hortalizas. El principal país productor es China con 70,000 millones de kilos que obtuvo cultivando 1 815 000 hectáreas, seguida por Turquía que produjo 4,044 millones de kilos sobre 165 000 hectáreas y por Irán, con 3,800 millones de kilos sobre 145 000 hectáreas, cuarto lugar está ocupado por Brasil, que produjo en el citado año 2,079 millones de kilos de sandía sobre 94,612 hectáreas, seguido en quinta posición por Egipto con 1,874 millones de kilos y 63,066 hectáreas, en sexto lugar Estados Unidos con 1,770 millones de kilos y 51,600 hectáreas (Hortoinfo, 2012).

En nuestro país, las zonas de producción de sandía se concentran en los departamentos de La Libertad (23%), Ancash (17%), Loreto (14%), Lima (12%), Ica (11%), Tacna (5%) Piura y (4%) (Andina, 2010). En el 2013 la producción de sandía a nivel nacional fue de 91 271 toneladas de sandía, con un área cultivada de 2 900 hectáreas y un rendimiento promedio de 31,5 t/ha.

aproximadamente (INEI, 2015). Según el Minagri (2016) en Tacna se sembró una superficie de 900 has con un rendimiento promedio de 60 t/ha.

El uso de nitrógeno es fundamental para aumentar el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, este recurso debe usarse con precaución porque la falta o el exceso de esta nutriente afecta fuertemente el rendimiento agrícola. La sandía es un cultivo que exige un alto contenido de nitrógeno (N), ya que mejora significativamente el crecimiento y desarrollo del cultivo, la tasa fotosintética, el rendimiento y la calidad del fruto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El nitrógeno (N) es la segunda clorosis gradual más común de las hojas más viejas, lo que reduce el crecimiento de las hojas jóvenes, aumenta la distancia entre las hojas y disminuye el crecimiento de las plantas, lo que resulta en un bajo rendimiento. El N también afecta la calidad del fruto al aumentar la cantidad de sólidos solubles (SS), un índice de calidad importante en varios países (Morais et al., 2008; Araújo et al., 2011; Barros et al., 2012). El exceso de N puede promover el crecimiento vegetativo a expensas de la floración y fructificación, disminuyendo así el contenido de SS (Mousinho et al., 2003), lo que reduce la resistencia al transporte y almacenamiento (Prado, 2008). El alto contenido de N vegetal también reduce la producción de compuestos fenólicos (fungistáticos) y lignina en las hojas, disminuyendo la resistencia a patógenos (Santos et al., 2009).

La planta absorbe menos del 50% del N aplicado (Hawkesford et al., 2012). El resto se puede perder por lixiviación, especialmente en suelos

arenosos (Hochmuth, 2015), que pueden contaminar las fuentes de agua y las aguas subterráneas.

Los niveles de fertilización de N recomendadas publicadas para la sandía varían ampliamente. Trani et al., (1997) recomendaron 80 a 130 kg N ha⁻¹, y Figueira et al., (1999) recomendaron 120 kg ha⁻¹. Andrade Júnior et al., (2006) informaron que 97,61 kg N ha⁻¹ produjeron rendimiento máximo (60,17 t ha⁻¹) en cultivos de sandía fertirrigados, y Morais et al., (2008) reportaron una dosis óptima de 267 kg N ha⁻¹ para un rendimiento similar (68,59 t ha⁻¹). Por lo tanto, se estudió el efecto de niveles de fertilización con N sobre el rendimiento de dos variedades de sandía “Santa Amelia Y Delta”.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el efecto de los niveles de nitrógeno en el rendimiento en los cultivares de sandía Santa Amelia y Delta en condiciones del CEA III Los Pichones Tacna?

1.2.2. Problema específico

¿Cuál será el nivel de nitrógeno óptimo en rendimiento de los cultivares de sandía Santa Amelia y Delta?

¿Cuál será el mejor cultivar de sandía de acuerdo a su rendimiento productivo?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Espacio geográfico

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola (CEA) III “Los Pichones”, de propiedad de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; ubicado en el distrito, provincia y región Tacna.

1.3.2. Tiempo

El tiempo en que se realizó la presente investigación fue entre los meses de noviembre a febrero de 2019.

1.3.3. Sujetos de observación

Fueron las plantas los cultivares de sandía Santa Amelia y Delta.

1.4. Justificación

La fertilización, es una práctica imprescindible en la agricultura, ya sea para conservar la fertilidad de suelos o como factor trascendental en el incremento del rendimiento. Los cultivos en general se cultivan en forma intensiva y en consecuencia es lógico pensar que la extracción de nutrientes del suelo es alta, lo cual debe proveerse el cumplimiento a varias condiciones en relación a conocer que, cuanto, como, cuando y en qué forma se deben utilizar. Para ello, este trabajo de investigación tiene el objetivo de determinar el nivel óptimo de la fertilización nitrogenada que debe aplicarse tanto en cantidades totales de nutrientes como su distribución a lo largo del cultivo de sandía Santa Amelia y Delta.

Con ello se aseguraría la máxima eficacia en la utilización de los fertilizantes sin provocar excesos no deseables para el medio ambiente y consiguiendo así un desarrollo óptimo del cultivo. La falta de existencia de datos reales y de la importancia que tiene esta investigación sobre la eficiencia de la fertilización nitrogenada en los híbridos de sandía Santa Amelia y Delta, debe servir para obtener información, que permita la utilización adecuada de los fertilizantes y reducir las deficiencias o excesos del uso de los fertilizantes.

En base a lo expuesto y considerando que es imprescindible mantener un constante proceso investigativo con el objetivo de obtener producciones adecuadas de cultivares de sandía bajo las condiciones del CEA III “Los Pichones”. Esta investigación se presenta como una alternativa válida, que permita a los productores de esta cucurbitácea, disponer de nuevas tecnologías que sirva de guía en sus actividades agro productivas y para futuros trabajos de investigación.

1.5. Limitaciones

Escasa información científica publicados sobre el tema en investigación a nivel local. No se encuentran trabajos de investigación a nivel local, regional y nacional.

El presente trabajo de investigación solo abarcó los cultivares de sandía Santa Amelia y Delta.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos de la investigación

2.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de niveles de nitrógeno en el rendimiento de los cultivares de sandía Santa Amelia y Delta en el CEA III “Los Pichones”, Tacna.

2.1.2. Objetivo específico

Determinar el nivel óptimo de nitrógeno en el rendimiento del cultivar de sandía Santa Amelia.

Establecer el nivel óptimo de nitrógeno en el rendimiento del cultivar de sandía Delta.

2.2. Hipótesis de la investigación

2.2.1. Hipótesis general

La aplicación de nitrógeno tendrá efecto positivo en el rendimiento de los cultivares de sandía Santa Amelia y Delta en el CEA III “Los Pichones”, Tacna.

2.2.2. Hipótesis específicas

Existe un nivel de nitrógeno apropiado en el rendimiento de los cultivares de sandía Santa Amelia y Delta en el CEA III “Los Pichones”, Tacna.

Al menos un cultivar de sandía presentará el mejor rendimiento productivo en el CEA III “Los Pichones”, Tacna.

2.3. Variables

2.3.1. Variables independientes (X)

Niveles de nitrógeno (N) (X1)

Cultivares de sandía (V) (X2)

2.3.2. Variables dependientes (Y)

Rendimiento de frutos (kg/ha)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Luiz et al. (2011) en su estudio “distancia entre plantas y dosis de nitrógeno y potasio en sandía sin semillas fertirrigada”. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de dosis de N y K₂O, vía fertiirrigación por goteo, y de la distancia entre plantas sobre la productividad del híbrido Shadow de sandía sin semillas. Se evaluaron cuatro dosis de N + K₂O (79,8 + 106,7, 106,4 + 142,2, 133,0 + 177,7, y 159,6 + 213,2 kg ha⁻¹), y cuatro distancias entre plantas (0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 m), en hileras espaciadas de 2,0 m. Utilizó el diseño experimental de bloques al azar, en parcelas subdivididas, con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: concentración foliar de N y K, peso de frutos, número de frutos y productividad total y comercial, por planta y por hectárea. Hubo efecto del factor dosis de N + K₂O sobre la concentración foliar de K, y la productividad total y comercial de la sandía híbrido Shadow disminuyó linealmente con el aumento de la distancia entre plantas.

Sin embargo, no hubo efecto significativo de la interacción ni efecto individual de los factores sobre las otras variables evaluadas.

Asad (2019). realizaron un ensayo “Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento, la calidad y la eficiencia del uso del agua de riego de la sandía injertada fertirrigada por goteo (*Citrullus lanatus*) cultivada en un suelo calcáreo”. Se realizó un experimento de campo de dos años durante las temporadas de cultivo 2016 y 2017 para investigar la respuesta de la sandía fertilizada por goteo a diferentes tasas de nitrógeno (0;10;20;30 y 40 g/m³ N) aplicado en forma sulfato de amonio (AS). Se investigó el efecto combinado de nitrógeno (N) y azufre (S). También se evaluó la eficiencia en el uso del agua de riego (IWUE) bajo los diferentes niveles de N. Los niveles de N en el agua de riego indujeron un efecto significativo sobre los parámetros de rendimiento (rendimiento total y comercial, rendimiento de materia seca, rendimiento de plantas y número de frutos). El aumento del nivel de N también indujo aumentos significativos en la longitud de la fruta y el peso fresco de la fruta. IWUE también se mejoró significativamente a niveles altos de N. La fertiirrigación usando técnicas modernas puede considerarse un método eficiente en la entrega de N al cultivo en niveles de N de 30 a 40 g/m³, como sulfato de amonio.

Suchoffa et al. (2019) en su estudio “efecto de portainjertos y fertilizantes nitrogenados sobre el crecimiento y rendimiento en sandía”. El segundo objetivo fue determinar si estos portainjertos tienen diferentes requisitos de nitrógeno en la producción a campo abierto en comparación con "Melody" no injertado. Los estudios de campo se realizaron en 2013 y 2014 en la Estación de Investigación Sandhills en Jackson Springs, Carolina del Norte. El fertilizante nitrogenado se aplicó mediante riego por goteo a 0, 84, 126, 168 y 252 kg ha⁻¹. Existía una relación lineal entre la tasa de nitrógeno y el cultivo de portainjerto; sin embargo, en todos los casos las plantas no injertadas produjeron más que todas las plantas injertadas. La fruta de las plantas injertadas con ‘Carnivor’ y ‘Strongtosa’ tenía una pulpa más firme en comparación con la ‘Melody’ no injertada. Nuestros hallazgos sugieren que los portainjertos no aumentan el rendimiento o el crecimiento en el vástago ni requieren diferentes tasas de aplicación de nitrógeno. Sin embargo, algunos portainjertos mejoran la calidad general de la fruta.

Bazán (2015) en su estudio “cuatro niveles de fertilización n – p – k en el cultivo de melón (*Cucumis melo* var. *reticulatus* L.) bajo las condiciones del valle de cañete”. cuyos objetivos fueron determinar el efecto de distintos niveles de fertilización (NPK) en el rendimiento y calidad de fruto y determinar la dosis más adecuada para obtener la mayor

eficiencia en la producción bajo las condiciones del valle de Cañete, tuvo tres niveles de fertilización (NPK) y un testigo no fertilizado. Los resultados indican que el rendimiento total y comercial siguió una tendencia creciente con el uso de niveles altos de fertilización. El nivel de fertilización 150 kg de N ha⁻¹, 100 kg de P ha⁻¹ y 150 kg K ha⁻¹, obtuvo el mayor rendimiento comercial con 47,97 t/ha, así mismo conforme se incrementan los niveles de fertilización, la cantidad de frutos no comerciales disminuye. El nivel de fertilización 200; 150; 200 kg de N, P, K y el nivel sin fertilización 0 kg/ha de N, P y K, registraron el mayor rendimiento no comercial con 16,26 t/ha y 12,5 t/ha. Con respecto al peso promedio de frutos, diámetro polar y ecuatorial, ancho de la cavidad interna, grosor de pulpa y sólidos solubles no se hallaron diferencias significativas entre los niveles de fertilización evaluados y finalmente indica que el aumento de la fertilización no tiene relación con la acidez del fruto.

Tancara (2009). En su ensayo "niveles de nitrógeno y fósforo en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) cultivar 'Klondike' bajo RLA F Goteo", realizado en el CEA III Fundo "Los Pichones". El objetivo fue determinar la dosis óptima de nitrógeno y fósforo para el manejo adecuado de la fertilización. Los factores fueron: A niveles de nitrógeno (80; 160; 240; 320 kg de N/ha); B niveles de fósforo (40; 80; 160; 240 kg de P₂O₅/ha). El diseño experimental que utilizó fue el de bloques completos aleatorios con arreglo

factorial de 4x4 y cuatro repeticiones. El análisis de los resultados encontró que tanto para, rendimiento total de frutos, el peso de fruto, concentración de sólidos solubles y diámetro longitudinal existe interacción de los factores nitrógeno y fósforo, es decir que existe efectos dependientes de cada factor. Llego a la conclusión que el nivel de fertilización 218,44 kg N/ha y de 138,49 kg P₂O₅ se obtuvo el más alto rendimiento total de 57,086 t/ha.

Viza (2010). En su investigación "influencia de cuatro niveles de fertilización nitrogenada y potásica en el rendimiento del cultivo de sandía" (*Citrullus lanatus* Thunb) variedad Santa Amelia, en condiciones del valle de Moquegua. Utilizó como material experimental la variedad Santa Amelia y cuatro niveles de fertilización a base de nitrógeno y potasio. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar (DBCA) con 10 tratamientos definidos por el diseño plan puebla II y 4 repeticiones. Los rendimientos (t ha⁻¹) más altos se obtuvieron con los tratamientos 250, 150, 200 kg de N ha⁻¹ superando a los demás con promedios de 65,88, 64,45; 63,50 y 54,83 t ha⁻¹ y los de menor promedio fueron los tratamientos 150 y 100 kg de N ha⁻¹ con 42,90; 42,43 y 36,20 t ha⁻¹. El diámetro polar fue influenciado con mayor efecto con los tratamientos 250, 200 y 150 kg de N ha⁻¹ con 34,13; 33,65 y 32,80 cm, mientras que, los de menor promedio fueron los tratamientos 100 y 150 kg de N ha⁻¹ con 28,05; 27,88 y 26,68 cm. Con respecto al diámetro ecuatorial el mayor diámetro se obtuvo con 200 a

250 kg de N ha⁻¹ con 22,43; 22,25 y 22,23 cm, y el menor promedio se obtuvo con 100 y 150 kg de N ha⁻¹ con 18,30; 17,38 y 17,35 cm. En la evaluación de la longitud de la planta, con 250 kg N ha⁻¹ alcanzó el mayor promedio con 3,88 m seguidos de los niveles 200 y 150 kg N ha⁻¹ con 3,72 y 3,42 m.

Rolbiecki et al. (2020). En su estudio “impacto de la fertilización con nitrógeno en el rendimiento de la sandía cultivada en suelos muy livianos en Polonia”. Evaluaron el efecto de la fertirrigación con nitrógeno de dos cultivares de sandía cultivados en suelos muy ligeros en la parte central de Polonia, durante 2012-2014. El diseño experimental de campo fue una parcela dividida con cuatro repeticiones. La parcela principal fue la fertirrigación por goteo con nitrógeno aplicado en dos combinaciones: riego por goteo + fertilización con nitrógeno difundido (DI) utilizado como control, y riego por goteo + fertirrigación con nitrógeno (DF); donde, se utilizaron dos cultivares: Bingo y Sugar Baby como parcela dividida. Se evaluó el rendimiento de frutos comercializables, el peso de un solo fruto y el número de frutos por planta. Los factores probados presentaron un efecto significativo en las características de rendimiento, además la interacción entre los factores fue importante. DF, en comparación con DI, mejoró notablemente las características de la fruta. El cultivar Bingo tuvo un rendimiento más alto que el Sugar Baby, pero el cultivar Sugar Baby

produjo más frutos que el Bingo bajo el tratamiento DF. Este estudio proporciona la evidencia de que, en un suelo muy liviano con baja capacidad de retención de agua y nutrientes, el rendimiento de la sandía se puede optimizar cuando se aplica nitrógeno directamente a través del riego por goteo.

Maluki et al. (2016) en su ensayo “evaluación de los efectos del nitrógeno en el rendimiento y la calidad de la sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsumara y Nakai) cultivada en las regiones costeras de Kenia” El experimento de campo se llevó a cabo durante dos temporadas para probar la respuesta de la sandía "Sugar baby" a cuatro niveles de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg N ha⁻¹). Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El nitrógeno tuvo un efecto positivo significativo en los días de floración, proporción de expresión sexual, número de frutos/plantas, peso del fruto, firmeza, grosor de la cáscara, sólidos solubles totales. La aplicación de 80 y 120 kg N ha⁻¹ aumentó el contenido de azúcar de la fruta en un 23% y un 28% en comparación con la aplicación cero. El rendimiento total de frutos fue más alto con 120 kg N ha⁻¹ y más bajo con una aplicación cero.

3.2. Generalidades del cultivo de sandía

3.2.1. Origen

La sandía se la considera originaria de los países de África Tropical y de Oriente Medio. Es por esta razón que la región del sur de África se la nombra como el centro de origen de esta especie, la cual los pobladores europeos fueron quienes la llevaron hasta América, en donde este cultivo se ha extendido considerablemente en todo el continente, siendo uno de los frutos más extendido por el mundo (Ruano y Sánchez, 2000).

3.2.2. Taxonomía

Según Robinson y Decker (1997) A la sandía se le ha dado la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: *Citrullus*

Especie: *lanatus* (Thunb.)

3.2.3. Morfología

Sistema radicular: las raíces de la sandía son muy ramificadas y se desarrollan de acuerdo al suelo y otros factores. Posee una raíz pivotante que puede profundizar 0,8 m, las raíces laterales alcanzan hasta 2 m (Maroto et al., 2002).

Tallo: Desde los 25 a 30 días después de la germinación el tallo es erecto y posee alrededor de cinco hojas verdaderas, luego se hace decumbente o rastrero alcanzando una longitud de 5 m de largo, posee 5 aristas y está cubierto de bellos blancuecinos, del tallo principal se forman guías principales y sobre estas guías secundarias (Juárez, 2008).

Hoja: Es peciolada, dividida en 3 a 5 lóbulos que se dividen en segmentos redondeados con profundas entalladuras. El haz es suave al tacto y el envés áspero con nerviaciones pronunciadas (Maroto et al., 2002).

Flor: Amarilla, pedunculada y axilar, con polinización entomófila. Corola simétrica regular, formada de 5 pétalos. El cáliz posee sépalos libres. Coexisten flores de dos sexos en la misma planta, pero en flores distintas (Maroto et al., 2002).

Fruto: Baya oblonga, pepónide. Alcanza un peso de 2 a 20 kilogramos. El color de la corteza es variable, pudiendo ser uniforme o con franjas amarillentas, grisáceo o verde claro. La pulpa de diferentes colores y las semillas pueden estar ausentes (Juárez, 2008; Valadez, 2006).

Semillas: Distribuidas por la pulpa, reunidas en una cavidad central. Longitud menor que el doble de la anchura, aplastada, ovoide. La madurez de las semillas se logra a los 15 días después de la maduración de la pulpa, si se extrae antes o después disminuye el porcentaje de germinación (CORPOICA, 2000).

3.2.4. Factores edafoclimáticos

a. Clima

La sandía se cultiva en climas templados cálidos de altas temperaturas promedio mayores a 21°C con óptimos de 35°C y máximo de 40,6°C (UNALM, 2005). El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el crecimiento y desarrollo adecuado del cultivo, ya que se encuentra estrechamente relacionado y la actuación sobre sobre cualquier etapa incide sobre el resto (Mondomeo, 1989).

b. Temperatura

La temperatura óptima para la germinación es 25 °C; en la floración requiere temperaturas óptimas de 18 a 20 °C, para el crecimiento de y desarrollo la temperatura óptima es 23 a 28 °C, la etapa maduración requiere temperaturas de 23 a 28 °C; el crecimiento se detiene a temperaturas de 11 a 13 °C. La sandía injertada aumenta la resistencia tanto al frío como al calor (Ospina, 1994).

Para conseguir una buena germinación, la sandía requiere temperaturas de 15,5 °C y el óptimo entre 21 y 35 °C. La temperatura del cero vegetativo se fija en unos 13 °C; el intervalo óptimo para el crecimiento entre 21 y 30 °C, mientras que la temperatura mínima y máxima de desarrollo vegetativo se establece en 18 y 35 °C respectivamente. La floración, el cuajado y la maduración de los frutos exigen temperaturas superiores a 18 °C (Maroto et al., 2002).

Cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche oscilan entre 20 a 30 °C, se originan desequilibrios en las plantas: en algunos casos se abre el cuello y los tallos y el polen producido no es viable (Valadez, 2006).

c. Humedad

La humedad relativa óptima para el desarrollo de las plantas es entre 60% y 75%. Días largos y altas temperaturas favorecen la formación de flores masculinas y días cortos y temperaturas moderadas favorecen la formación de flores femeninas (Escalona et al., 2009).

La humedad relativa para el desarrollo debe ser de 60 a 80 %, en floración del 60 a 70 % y en fructificación 55 a 65 %. La planta necesita bastante agua durante el crecimiento y durante la maduración de los frutos (Ospina, 1994).

d. Luminosidad

La duración de la luminosidad en relación con la temperatura, influye tanto en el crecimiento de la planta como en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de los elementos nutritivos. El desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está estrechamente influenciado por la temperatura y las horas de iluminación, de forma de días largos y temperaturas elevadas favorecen la formación de flores masculinas (Mondomeo, 1989).

e. Suelo

La sandía, es muy exigente en el suelo, pero los mejores resultados en el rendimiento y calidad se obtienen en los suelos con altos contenidos de materia orgánica, profundos, aireados y bien drenados. Requieren un pH entre 6 y 7. Son plantas extremadamente sensibles a problemas de mal drenaje. Son moderadamente tolerantes a la presencia de sales tanto en el suelo como en el agua de riego (Escalona et al., 2009).

Según Panta (2015), se recomienda un suelo franco arcilloso con pH entre 5,5 y 6,8. Valores más bajos pueden provocar que se manifieste toxicidad de algunos elementos o deficiencia de otros.

De acuerdo a Casseres (1980) y Maroto et al. (2002) las cucurbitáceas prefieren suelos fértiles, bien drenados como los francos arenosos. Suelos mal drenados, así como los que no retienen humedad no son convenientes.

Montes (1999). Revela que las hortalizas pueden crecer en un amplio rango de suelos, pero prefiere ligeros, fértiles, bien aireados (buen drenaje) con buen contenido orgánico (2,5 a 3 %) cuyo pH no sea menor de 6,0; no se recomienda suelos pesados u orgánicos, debido a que las plantas crecen demasiado y la fructificación es pobre y de mala calidad; suelos

arenosos tienden a acortar el período vegetativo y a producir cosechas tempranas mientras que los pesados tienden a prolongar la vida de la plantación y producir cosechas tardías.

3.3. Cultivares de sandía

Delta

El híbrido Delta, diploide tipo Royal Sweet con semilla, su período vegetativo es de tres a cuatro meses, requiere suelos de textura franco y franco arcilloso con un pH de 5,5 a 6,4; la época de siembra es de octubre a febrero según mercado de destino y la época de cosecha de enero a abril.

Requiere temperaturas, para la germinación de 25 a 32 °C; para la etapa de crecimiento de 28 a 32 °C; para la floración de 25 a 28 °C y para la maduración de frutos de 23 a 28 °C. El cultivo prospera muy bien desde de 0 hasta 250 msnm.

Planta con vigor medio a fuerte con excelente capacidad de amarre de fruto. Frutos firmes de primera calidad con cáscara gruesa y pulpa color rojo intenso, crujiente y muy dulce con alta tolerancia a corazón hueco, rayas oscuras y anchas sobre un fondo verde claro. Esta variedad tiene tamaños ideales para el empaquetado y la firmeza de sus frutos facilita la

transportación a largas distancias sin perder la calidad (Seminis Vegetable Seeds, 2016).

Santa Amelia

Sandia híbrida se caracteriza por su fruto oblongo de gran peso, debido al tamaño reducido de cavidad de semilla. Posee un color externo donde contrastan el fondo claro y las gruesas estrías de color verde oscuro. Su pared es delgada, pero de gran firmeza otorgándole una sobresaliente habilidad para el transporte y comercialización. Detalles del producto: peso del fruto de 11 a 14 kilos, color rojo intenso, fruto de textura crocante y jugosa, de sabor muy dulce. Uniformidad de producción es una de sus principales características y precocidad de 85 a 90 días con alto rendimiento y adaptación (Seminis, 2019).

3.3. Nutrición de la sandia

La nutrición de las plantas, está relacionada con la provisión de nutrientes, así como la absorción y distribución de estos en las plantas, en amplio sentido se refiere a la asimilación de nutrientes, sus funciones en el metabolismo y su contribución al crecimiento, así como a los rendimientos. Desde el punto de vista práctico la nutrición vegetal se relaciona con la

aplicación de fertilizantes; los nutrientes requeridos por las plantas verdes son exclusivamente de naturaleza orgánica (Mengel y Kirkby, 1978).

Para obtener rendimientos de 20 a 50 t ha⁻¹ de sandía, el cultivo extrae de 3 a 4 kg de N; 0,8 a 1,5 kg de P₂O₅; 4 a 5 kg de K₂O y de 1 a 2 kg de MgO por tonelada de cosecha (Domínguez, 1993).

3.4. El nitrógeno en el suelo

Bajo condiciones naturales, el N del suelo no proviene de la degradación de la roca madre. Todo el nitrógeno que normalmente se encuentra en él deriva, en última instancia, del que existe en la atmósfera terrestre a través de los distintos procesos de fijación, fundamentalmente de tipo biológico. La transformación del N molecular (N₂) atmosférico en N del suelo utilizable actual o potencialmente por las plantas, se realiza principalmente según dos procesos:

1. El N puede oxidarse y pasar a la forma de óxidos, por acción de las descargas eléctricas, y estos compuestos, a su vez, trasladados al suelo por la lluvia y depositados en él como ácido nitroso (HNO₂) o nítrico (HNO₃).
2. Fijación biológica: Es decir, por medio del conjunto de reacciones gracias a las cuales los organismos vivos integran el N molecular en

sus estructuras como componente de diversos compuestos. Ciertos microorganismos que viven libremente en el suelo, y otros que viven simbióticamente con determinadas plantas (principalmente leguminosas), son capaces de realizar esta incorporación. La magnitud del primer proceso, aunque no carece de importancia, es pequeña en comparación con las cantidades de N molecular que se convierte en orgánico en virtud del segundo proceso. La mayor parte del nitrógeno en el suelo se halla, por lo tanto, formando parte de la materia orgánica del suelo que se deposita a la muerte de los microorganismos y de las plantas que de ellos se benefician. Estas formas orgánicas quedan luego disponibles para las plantas a través de un conjunto de procesos bioquímicos, en los cuales participan activamente los microorganismos.

3.5. El papel del nitrógeno a nivel extracelular

A nivel extra celular, el rol del nitrógeno es fundamental en varios aspectos del crecimiento, desarrollo y rendimiento de algunas cosechas (Urbano, 1995), tales como:

- a. La abundancia de nitrógeno origina mayor producción de clorofila.

- b. Eleva el contenido proteico de los órganos de almacenamiento: granos, tubérculos, raíces.
- c. La buena dotación de nitrógeno hace que los tejidos de las plantas sean más ricos en agua, más tiernos, succulentos y digestibles. La senescencia y madurez se retrasan.
- d. Al disminuir la lignificación y endurecimiento de los tejidos, la planta es más sensible al ataque de las plagas y enfermedades.
- e. Excesos de nitrógeno originan desequilibrios en la multiplicación celular y crecimiento vegetal (acame de los cereales).
- f. El exceso de nitrógeno afecta negativamente la relación tallo/raíz hace que la planta no tenga buena fijación al suelo y sea más sensible a la falta de humedad.
- g. Es básico para el crecimiento de vegetal. Su presencia estimula la brotación precoz y provoca un alargamiento de las fases de desarrollo vegetal.
- h. Es fundamental en la producción, al ser más intensa y prologada la actividad asimiladora de la planta, intervienen en forma decisiva en los rendimientos de las cosechas.
- i. El nitrógeno influye en la calidad de la cosecha. Una dosis adecuada de nitrógeno, en equilibrio con las correspondientes dosis de fósforo y potasio, favorece el desarrollo vegetativo, la

floración, cuajado de flores, y madurez de los frutos. Todo esto se traduce en mejores rendimientos de raíces y tubérculos, tallos, hojas, inflorescencias y frutos como tomate, melón, sandía y otros.

- j. El exceso de nitrógeno perjudica la calidad de productos generando tallos, hojas y frutos más blandos y frágiles con menor riqueza en azúcar y la conservación más frágil; retrasa la maduración y aumenta la sensibilidad de la planta al ataque de parásitos y virus, en algunos cultivos determina un retardo en la floración y la formación de semillas.
- k. El nitrógeno también es también constituyente de importante de ciertas hormonas tanto como ácidos indol 3-acético citoquininas (Hopkins, 1995).

3.6. Rol del nitrógeno en las plantas

Las principales formas químicas en que las plantas absorben el nitrógeno son los iones nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). La predilección por determinado ion está influenciada por la especie vegetal, edad y tipo de planta, el medio de desarrollo y otros factores. Según Gros (1992) y Azabache (2003) la planta absorbe el nitrógeno por medio de sus raíces en estado mineral ya sea nítrico o amoniaco. Tisdale y Nelson (1991) indica

que el nitrógeno se encuentra en el suelo en tres formas principales: orgánico, amoniacal y nítrico, que no tienen el mismo valor para la planta. El N orgánico de los suelos se presenta como proteínas aminoácidos.

3.7. Deficiencia de nitrógeno en la planta

Al estar involucrado el nitrógeno en tantos procesos vitales, no es de extrañar que su deficiencia afecte en gran medida el crecimiento de la planta. Una insuficiente nutrición en N se manifiesta, en primer lugar, en una vegetación raquílica. La planta se debilita, se desarrolla poco, las hojas permanecen pequeñas, adquieren una notable rigidez y tienden a exhibir clorosis (color amarillento o verde pálido en las hojas). El contenido de proteínas es bajo y el de azúcares es alto porque el nitrógeno no es suficiente para combinarse con todas las cadenas carbonadas, normalmente destinadas a formar proteínas. El nitrógeno es bastante móvil dentro de la planta y, cuando el suministro es inadecuado, se transfiere a hojas jóvenes, provocando que las hojas viejas muestren clorosis, envejecan prematuramente y caigan. A menudo estas plantas presentan una baja tasa de desarrollo radicular. La vegetación deficiente de N viene acompañada de una maduración acelerada del fruto y de una disminución del rendimiento. La deficiencia de nitrógeno, sin embargo, es poco probable que se presente en suelos cultivados. Los productores suelen emplear

ampliamente los fertilizantes nitrogenados, llegando incluso a abusar de los mismos con el deseo de forzar la producción sin reparar en la calidad, debido a la espectacular respuesta que muestran las plantas a la fertilización con este nutriente (Navarro, 2000; Perdomo et al., 1994).

3.8. Factores que afectan la disponibilidad de nitrógeno

pH del suelo: Es quizá el principal factor que afecta la disponibilidad de los nutrientes, la materia orgánica del suelo: Este factor del suelo influye en gran medida en la disponibilidad de micronutrientes, especialmente fierro y manganeso al acomplejarlos. La adición de materia orgánica en suelos bien drenados mejora la disponibilidad de fierro. También aporta ácidos húmicos y fúlvicos que participan en la físico-química del suelo y en la fisiología de la planta (Castellanos, 2000).

Los distintos tipos de suelos presentan, en su condición natural, diferentes contenidos de N total. Las cantidades de N total presentes en los distintos suelos pueden estimarse a partir del contenido de MOS. Por ejemplo, en los primeros 20 cm de un Vertisol con 8% de MOS, de un Brunosol con 5% de MOS, y de un Luvisol con 2% de MOS, existirían respectivamente 11,0; 7,0 y 2,8 ton. ha⁻¹ de N total. Estos cálculos son aproximados; en los mismos se asume un valor de densidad aparente de

1,2 un contenido de C del humus de 58%, y una relación C/N del humus de 10/1.

En condiciones de exceso de humedad (suelos inundados) disminuye más la actividad microbiológica que la velocidad de producción de material vegetal. Una situación extrema se da en suelos permanentemente inundados, donde la descomposición de los restos frescos se ve muy reducida, produciendo lo que se conoce como suelos de turba.

3.9. Efecto de la fertilización nitrogenada en el cultivo de sandía

El abonado nitrogenado no deberá usarse durante la floración, por favorecer el corrimiento de las flores; tampoco se aplicará durante la maduración de los frutos, pues origina insipidez de los mismos perjudicándose además la conservación posterior de la sandía. El nitrógeno influye incrementando el número de flores femeninas y, por consiguiente, el número de frutos (Reche, 1988).

Una deficiencia de nitrógeno en sandía y melón reduce drásticamente su crecimiento en un 25%, así mismo puede reducir el 35% de flores macho y 55% de flores hermafroditas, afectando además el cuajado de frutos. El nivel de fertilidad de nitrógeno en el suelo, así como

su correcta aplicación tiene más influencia sobre el crecimiento y rendimiento del melón y sandía, de ningún otro nutriente vegetal. Una eficiencia de N afecta más en la etapa en que el fruto alcanza entre 5 a 10 cm de diámetro en melón y entre 10 a 15 en sandía. La dosis de fertilización que se manejan comúnmente está en el rango de 90 a 180 kg/ha para melón y de 125 a 200 kg/ha para sandía (Reche, 1988).

El nitrógeno es el elemento que tiene el efecto más rápido y pronunciado de los tres elementos (N, P, K); que componen corrientemente los fertilizantes comerciales. Es el constituyente de todas las proteínas, las cuales son probablemente los componentes activos del protoplasma; además tiende a impulsar el desarrollo del follaje y a impartir un color verde oscuro a las hojas (Hipp, 1974).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo de investigación

La investigación que se realizó fue de tipo experimental.

4.2. Ubicación del campo experimental

La investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola III "Los Pichones" de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, ubicada en el distrito, provincia y región Tacna. La ubicación geográfica es: 17° 39' 30" Latitud sur; 70° 14' 22" Latitud oeste y a una altitud de 550 msnm.

4.3 Historia del campo experimental

Según la información del centro experimental agrícola III los pichones durante las tres últimas campañas de cultivaron:

Campaña 2018: se cultivó de zapallo

Campaña 2017: se cultivó de cebolla

Campaña 2016: se cultivó de papa

Campaña 2015: se cultivó quinua

4.4. Características del suelo

Tabla 1

Análisis físico - químico del suelo

Análisis físico	
Arena (%)	38,4
Limo (%)	46,0
Arcilla (%)	15,6
Clase textural	Franco
Análisis químico	
CE (mS/cm)	1,96
pH	7,84
MO (%)	0,65
CaCO ₃ (%)	0,00
P (ppm)	132,11
K (ppm)	450

Fuente: Laboratorio de Análisis Químicos y Servicios (2019).

El suelo del campo experimental se caracterizó por el bajo contenido de materia orgánica (0,65%). El pH del suelo medido fue 7,84 y una conductividad eléctrica (CE) fue 1,96. El contenido de elementos fue el siguiente: El fósforo (P) fue 132,11 ppm; el potasio (K) fue 450 ppm. La característica del suelo se presenta en la tabla 1.

4.5. Datos meteorológicos

Tabla 2

Datos meteorológicos registrados durante la ejecución de la investigación

Meses	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
	Máxima	Mínima		
Octubre	22,5	12,4	85,6	1,0
Noviembre	24,9	15,7	71,1	0,0
Diciembre	27,5	16,1	67,7	0,0
Enero	28,1	18,5	72,2	0,4
Febrero	28,8	18,1	70,7	0,0

Fuente: Estación: Jorge Basadre, Tacna.

La máxima temperatura se presentó en febrero registrándose 28,8 °C, y la temperatura mínima se registró en octubre con 12,4 °C. Las temperaturas registradas se encuentran dentro de los rangos para el normal crecimiento y desarrollo de la sandía. La humedad relativa más alta se registró en el mes de octubre con 85,6 %. Mientras que, la más baja se presentó en diciembre con 67,7 %, estas humedades no afectaron en el desarrollo del cultivo.

4.6. Material experimental

Como material experimental se utilizó plantas de los cultivares sandía Santa Amelia y Delta, las semillas se obtuvieron de la casa comercial Seminis, y tres niveles de nitrógeno utilizando como fuente urea.

4.6.1. Características de los cultivares de sandía

Delta

Excelente rendimiento con alto porcentaje de primeras, muy buena vida post cosecha, soporta transporte a largas distancias, forma elongada, peso entre 11 a 14 kg, cáscara verde rayado, pulpa de color rojo intenso y sabor dulce, 13 a 14 (brix), de textura suave y crujiente (Seminis Vegetable Seeds, 2016).

Santa Amelia

Sandía híbrida se caracteriza por su fruto oblongo de gran peso. Posee un color verde oscuro rayado, su pared es delgada, resiste el transporte y buena comercialización. Peso del fruto de 11 a 14 kilos, color rojo intenso, fruto de textura crocante y jugosa, de sabor muy dulce, de 13 a 14 (Brix). Periodo vegetativo de 85 a 90 días con alto rendimiento y adaptación, tolerancia a *Fusarium I* (Seminis, 2019).

4.7. Factores en estudio

Los factores que se evaluarán en el presente proyecto de investigación son:

a: Cultivares de sandía (V)

v₁ (cultivar 1) : Santa Amelia

v₂ (cultivar 2) : Delta

b: Niveles de nitrógeno (N)

n₁ : 100 kg N/ha

n₂ : 200 kg N/ha

n₃ : 300 kg N/ha

Tabla 3

Factores, combinaciones y tratamientos en estudio

Factores		Combinación	Tratamientos
A: Híbridos de sandía	B: Niveles de nitrógeno		
v ₁ : Santa Amelia	n ₁ : 100 kg de N ha ⁻¹	V _{1n1}	t ₁
	n ₂ : 200 kg de N ha ⁻¹	V _{1n2}	t ₂
	n ₃ : 300 kg de N ha ⁻¹	V _{1n3}	t ₃
v ₂ : Delta	n ₁ : 100 kg de N ha ⁻¹	V _{2n1}	t ₄
	n ₂ : 200 kg de N ha ⁻¹	V _{2n2}	t ₅
	n ₃ : 300 kg de N ha ⁻¹	V _{2n3}	t ₆

Fuente: Elaboración propia.

4.8. Variables de respuesta

4.8.1. Longitud de planta

Se seleccionaron 10 plantas al azar de cada unidad experimental, y se midió desde el cuello de la raíz hasta la parte apical y se obtuvo la longitud promedio de planta.

4.8.2. Número de frutos por planta

Se contaron los frutos de 10 plantas al azar de cada unidad experimental, luego se promediaron para obtener el número de frutos por planta.

4.8.3. Longitud de fruto

Para esta evaluación, se tomaron 5 frutos al azar por unidad experimental y se midió la longitud de con la ayuda de una cinta métrica, la medición se realizó desde la base del fruto hasta la parte apical, esta evaluación se efectuó después de cada cosecha.

4.8.4. Diámetro de fruto

Se determinó midiendo el diámetro en la parte central de 5 frutos al azar por unidad experimental con la ayuda de una regla metálica milimétrica, esta evaluación se realizó después de cada cosecha.

4.8.5. Peso promedio de frutos

Para esta medición se seleccionaron 5 frutos al azar por unidad experimental, seguidamente se pesaron en una balanza digital y se obtuvo el promedio para el peso de fruto unitario.

4.8.6. Rendimiento de frutos por hectárea

Se determinó pesando todos los frutos cosechados de cada unidad experimental y se llevará hectárea.

4.8.7. Grados Brix (Bx)

Se determinó utilizando los mismos frutos manipulados en la variable anterior y mediante un refractómetro manual se midió los grados Brix.

4.9. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial de 2x3 y tres repeticiones.

4.10. Características del campo experimental

El campo experimental presentó las siguientes características:

A. Campo experimental

Largo: 30 m

Ancho: 24 m

Área total: 720 m²

B. Bloques

Largo: 24 m

Ancho: 10 m

Área: 240 m²

C. Unidad experimental

Largo: 10 m

Ancho: 4 m

Área: 40 m²

Número de líneas por unidad experimental: 3

Separación entre líneas: 3,5 m

Distanciamiento entre plantas: 0,80 m

4.11. Aleatorización de tratamientos en el campo

La aleatorización de tratamientos de acuerdo al diseño se muestra en la figura 1.

Figura 1

Aleatorización de tratamientos en el campo experimental

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T 1	T 3	T 4
T 4	T 2	T 5
T 2	T 1	T 3
T 5	T 5	T 6
T 3	T 6	T 2
T 6	T 4	T 1

4.12. Análisis estadístico

Para el análisis de datos se realizó utilizando la técnica del análisis de varianza, la prueba estadística fue F al nivel de significación de 5 y 1 %; para relacionar las variables se utilizará el análisis de regresión lineal.

4.13. Instalación y conducción del experimento

4.13.1. Preparación del terreno

Se realizó una limpieza de los rastrojos del cultivo anterior (tomate). Roturando el suelo a una profundidad de 30 cm, al largo de toda la franja de riego. A continuación, se incorporó materia orgánica (estiércol de vacuno) en una cantidad de 10 t/ha mezclado en el terreno con un rastrillo, uniformizando la superficie. En seguida se extendieron las cintas de riego y se procedió a realizar un riego de 3 horas para la descomposición de la materia orgánica, se volvió a roturar el terreno, posteriormente desterronar y nivelar la superficie del terreno. Finalmente se realizó el surcado y marcado para el trasplante.

4.13.2. Almacigo

El almacigo se adquirió del vivero Vargas situado en el Distrito de la Yarada los Palos, donde se informó que se utilizó como sustrato humus de lombriz.

4.13.3. Trasplante

El trasplante se realizó el 11 de noviembre de 2019. Se realizó manualmente con el suelo a capacidad de campo, a un distanciamiento

entre plantas de 0,80 m y un distanciamiento entre surcos de 3,5 m; lo que resulto una densidad de siembra de 3 572 plantas ha⁻¹.

4.13.4. Riegos

Los riegos se realizaron de acuerdo al punto de marchitez, el primer riego se realizó antes del trasplante luego al primer día después trasplante, posteriormente se realizó diario por un tiempo aproximado de 40 minutos durante la etapa de crecimiento, incrementándose luego a 1 hora en la etapa de cuajado y fructificación. El sistema de riego que se utilizó fue por goteo.

4.13.5. Fertilización

La fertilización se realizó manualmente, previo análisis del suelo, la fórmula de fertilización que se utilizó es la siguiente: 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 0 kg ha⁻¹ de K₂O.

La aplicación de nitrógeno N, se utilizó como fuente urea (46 %) la aplicación se realizó a lo largo del ciclo del cultivo, a una proporción de 1:2:3; de acuerdo a las fases de crecimiento del cultivo, las aplicaciones se realizaron al inicio vegetativo, fase de desarrollo, hasta la floración femenina teniendo los niveles que se menciona a continuación:

n₁: 100 kg de N há⁻¹ / 55 g por planta

n₂: 200 kg de N há⁻¹ / 110 g por planta

n₃: 300 kg de N ha⁻¹ / 165 g por planta

Figura 2

Frecuencia de aplicación del Nitrógeno

N° Semana	Nivel 100 Kg de N ha	Nivel 200 Kg de N ha	Nivel 300 Kg de N ha
Semana 01	5	5	5
Semana 02	10	15	20
Semana 03	10	20	30
Semana 04	10	20	40
Semana 05	15	30	40
Semana 06	5	20	30
Total g/planta	55	110	165

Fuente: Elaboración propia

4.13.6. Control de malezas

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron deshierbos manuales con la finalidad de evitar la competencia de las malezas con el cultivo, asimismo sean focos de plagas y enfermedades.

4.13.7. Control de plagas y enfermedades

Durante el desarrollo del cultivo, se realizaron evaluaciones para determinar la presencia de plagas y enfermedades.

Al inicio para prevenir pudriciones radiculares se desinfectaron las plántulas antes del trasplante. Asimismo, se hicieron evaluaciones periódicas para ver la presencia de gusanos cortadores, mosca blanca, gusanos perforadores, los que serán controlados utilizando productos específicos.

4.13.8. Cosecha

La sandía, es un fruto no climatérico y, por tanto, para conseguir un grado de calidad óptimo, el fruto se recolectó cuando esté alcanzó su madurez comercial. Los indicadores que se evaluaron para la realizar la cosecha fueron: cuando la mancha de suelo (la porción del fruto que descansa sobre la tierra) cambió de blanco pálido a amarillo cremoso; otro indicador de cosecha fue el marchitamiento (no la desecación) del zarcillo más próximo al área de contacto entre la fruta y el pedúnculo.

Los cultivares varían ampliamente en cuanto a sólidos solubles en la madurez. En general, un contenido de al menos 10 % en la pulpa central

del fruto es un indicador de madurez apropiada, si al mismo tiempo la pulpa esta firme, crujiente y de buen color. La cosecha se dio inicio el 24 de enero de 2020, el número de cosechas fueron 3 y la secuencia varió de 6 a 7 días.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

5.1.1. Longitud de planta

Tabla 4

Análisis de varianza de longitud de planta de sandía

F.V.	GI	SC	CM	Fc	F tab		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	2	0,01	0,0031	1,00	4,10	7,56	ns
Cultivares	1	0,02	0,0200	7,16	4,96	10,04	*
Niveles de N	2	0,48	0,2400	78,33	4,10	7,56	**
Cultivares*Niveles de N	2	0,01	0,0100	2,10	4,10	7,56	ns
Error	10	0,03	0,0031				
Total	17	0,55					

CV= 1,94 % NS: No significativo **: Alta significación *Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4, se presenta los resultados del análisis de varianza de longitud de planta, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas entre bloques. El factor cultivares resultó estadísticamente significativo, mientras el factor niveles de N resultó con alta significación estadística. La interacción de los factores fue no significativa. El coeficiente de variación fue de 1,94 %.

Al encontrar diferencias estadísticas para el factor cultivares se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5 % y Al para el factor niveles de nitrógeno, se consideró un modelo de regresión lineal simple; en la tabla, indica que el modelo utilizado fue el adecuado.

Tabla 5

Prueba de rangos múltiples de Tukey para longitud de planta de sandía

Orden de mérito	Cultivares	Promedios	Significación
1°	Delta	2,90	a
2°	Santa Amelia	2,83	b

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 5, la prueba de Tukey indica que el cultivar Delta presentó la mayor longitud de planta con 2,90 m, superando al cultivar Santa Amelia que obtuvo 2,83 m respectivamente.

Tabla 6

Análisis de regresión para longitud de planta de sandía (m)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F tab		Significación
					0,05	0,01	
Regresión	2	0,48	0,2400	50,3	3,68	6,36	**
Residual	15	0,07	0,0048				
Total	17	0,55					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, el análisis de varianza de regresión indica que los niveles de nitrógeno están relacionados con la longitud de planta.

Tabla 7

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

	Coefficientes	Error típico	T	Probabilidad
Intercepción	1,830000	0,120000	14,84	<0,0001
Niveles de N	0,010000	0,001400	7,31	<0,0001 **
Niveles de N ²	-0,000022	0,000004	-6,26	<0,0001 **

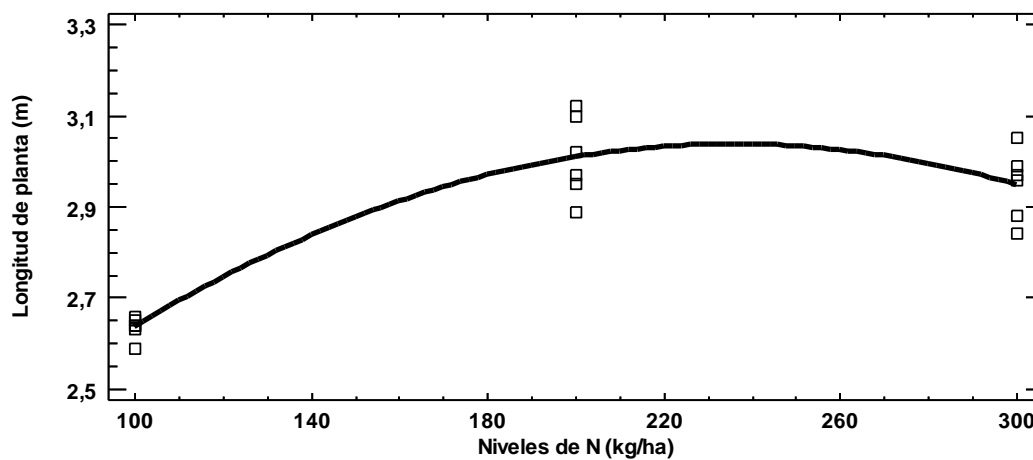
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, se presenta la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, para determinar el nivel adecuado de N para la longitud de planta de sandía, se observa un ajuste a una función cuadrática, resultado la siguiente actuación:

$$\hat{y} = 1,83 + 0,010N - 0,000022N^2$$

Figura 2

Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha⁻¹) en la longitud de planta de sandía



Fuente: Elaboración propia

El nivel óptimo que permite alcanzar la longitud de planta máxima es de 227,27 kg N ha⁻¹, con el cual se obtienen plantas de 2,96 m.

5.1.2. Número de frutos por unidad experimental

Tabla 8

Análisis de varianza para número de frutos por unidad experimental

F.V.	GI	SC	CM	F	F tab		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	2	0,78	0,39	1,21	4,10	7,56	ns
Cultivares	1	0,50	0,50	1,55	4,96	10,04	ns
Niveles de N	2	35,11	17,56	54,48	4,10	7,56	**
Cultivares*Niveles de N	2	1,33	0,67	2,07	4,10	7,56	ns
Error	10	3,22	0,32				
Total	17	40,94					

CV= 1,49 %

NS: No significativo

** : Alta significación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se presenta el número de frutos por unidad experimental, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas entre bloques. Asimismo, no se encontró significación estadística para el factor cultivares. El factor niveles de N resultó con alta significación estadística y la interacción de los factores fue no significativa. El coeficiente de variación fue de 1,49 %.

Tabla 9*Análisis de regresión para número de frutos por unidad experimental*

F.V.	GI	SC	CM	F	F tab		Significación
					0,05	0,01	
Regresión	2	35,11	17,56	45,14	3,68	6,36	**
Residual	15	5,83	0,39				
Total	17	40,94					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, el análisis de regresión indica que los niveles de nitrógeno están relacionados con el número de frutos por unidad experimental.

Tabla 10*Prueba de significación de los coeficientes de regresión*

	Coeficientes	Error típico	T	Probabilidad
Intercepto	28,50	1,110000	25,680	<0,0001
Niveles de N	0,10	0,010000	7,800	<0,0001 **
Niveles de N ²	-0,00022	0,000031	-6,950	<0,0001 **

Fuente: Elaboración propia

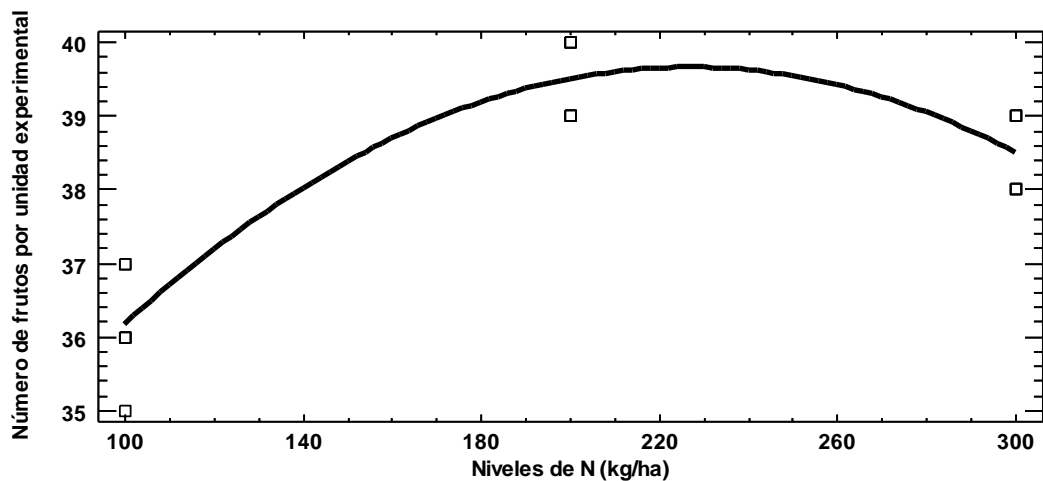
En la tabla 10, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, para determinar el nivel adecuado de N para el número de frutos por unidad experimental, se ajustó a una función cuadrática, resultado la siguiente actuación:

$$\hat{y} = 28,50 + 0,10N - 0,00022N^2$$

En la figura 3, se observa que el número de frutos por unidad experimental obtenidos en los diferentes tratamientos alcanzó cantidades diferentes, siendo el valor máximo observado 39,636 con un nivel de 227,27 kg N ha⁻¹.

Figura 3

Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha⁻¹) en el número de frutos de sandía por unidad experimental



Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Longitud de fruto

Tabla 11

Análisis de varianza para longitud de frutos de sandía

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F tab		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	2	5,51	2,75	2,82	4,10	7,56	ns
Cultivares	1	0,11	0,11	0,11	4,96	10,04	ns
Niveles de N	2	82,81	41,4	42,47	4,10	7,56	**
Cultivares*Niveles de N	2	1,48	0,74	0,76	4,10	7,56	ns
Error	10	9,75	0,97				
Total	17	99,65					

CV= 3,48 % NS: No significativo **: Alta significación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, los resultados del análisis de varianza para la longitud de frutos de sandía, se observa que no existen diferencias estadísticas entre bloques. Asimismo, no se encontró significación estadística para el factor cultivares. Mientras que el factor niveles de nitrógeno resultó estadísticamente significativo. Por otro lado, la interacción cultivares x niveles de N fue no significativa. El coeficiente de variación fue de 3,48 %.

Tabla 12

Análisis de regresión para longitud de fruto de sandía (cm)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F tab		Sig.
					0,05	0,01	
Regresión	2	82,81	41,4	36,87	3,68	6,36	**
Residual	15	16,85	1,12				
Total	17	99,65					

** : Alta significación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, el análisis de regresión, resultó altamente significativo, lo que demuestra que los niveles de nitrógeno y la longitud de frutos están relacionados.

Tabla 13

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

	Coeficientes	Error típico	T	p-valor	
Intercepción	14,53	1,89	7,7	<0,0001	
Niveles de N	0,14	0,02	6,46	<0,0001	**
Niveles de N ²	-0,0003	0,0001	-5,58	0,0001	**

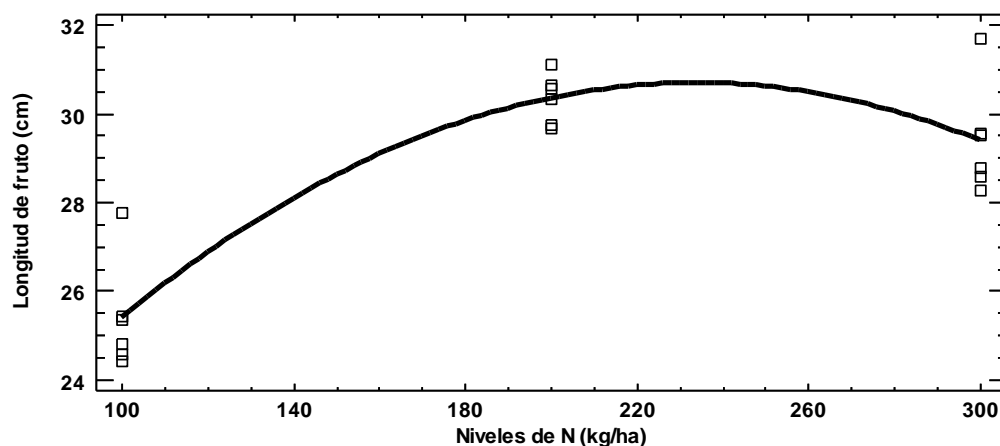
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, para determinar el nivel adecuado de N para la longitud de fruto, se ajustó a una función cuadrática, resultado la siguiente actuación:

$$\hat{y} = 14,53 + 0,14N - 0,0003N^2$$

Figura 4

Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en la longitud de frutos de sandía



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, se observa que la longitud de fruto obtenidos en los diferentes tratamientos alcanzó longitudes diferentes, siendo el valor máximo observado 30,83 cm con un nivel de 233,33 kg N ha^{-1} .

5.1.4. Diámetro de fruto

Tabla 14

Análisis de varianza para diámetro de fruto de sandía (cm)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F tab		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	2	1,32	0,66	0,31	4,10	7,56	ns
Cultivares	1	9,26	9,26	4,31	4,96	10,04	ns
Niveles de N	2	113,07	56,54	26,33	4,10	7,56	**
Cultivares*Niveles de N	2	5,90	2,95	1,37	4,10	7,56	ns
Error exp.	10	21,47	2,15				
Total	17	151,03					

CV= 6,84 %

NS: No significativo

** : Alta significación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, los resultados del análisis de varianza para el diámetro de fruto, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas entre bloques. Para el factor cultivares no se encontró significación estadística. Mientras que el factor niveles de N resulto con alta significación estadística. En cuanto a la interacción de cultivares por niveles de N resulto no significativa. El coeficiente de variación fue de 6,84 %.

Tabla 15

Análisis de regresión para diámetro de fruto de sandía (cm)

F.V.	SC	GI	CM	Fc	F tab		Significación
					0,05	0,01	
Regresión	113,07	2	56,54	22,34	3,68	6,36	**
Residual	37,96	15	2,53				
Total	151,03	17					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15, el análisis de regresión, que demuestra que los niveles de nitrógeno y el diámetro del fruto de sandía están relacionados.

Tabla 16

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

	Coeficientes	Error típico	T	Probabilidad
Intercepto	5,68	2,8307	2,01	0,0632
Niveles de N	0,16	0,0321	4,83	0,0002 **
Niveles de N ²	-0,00033	0,00008	-4,12	0,0009 **

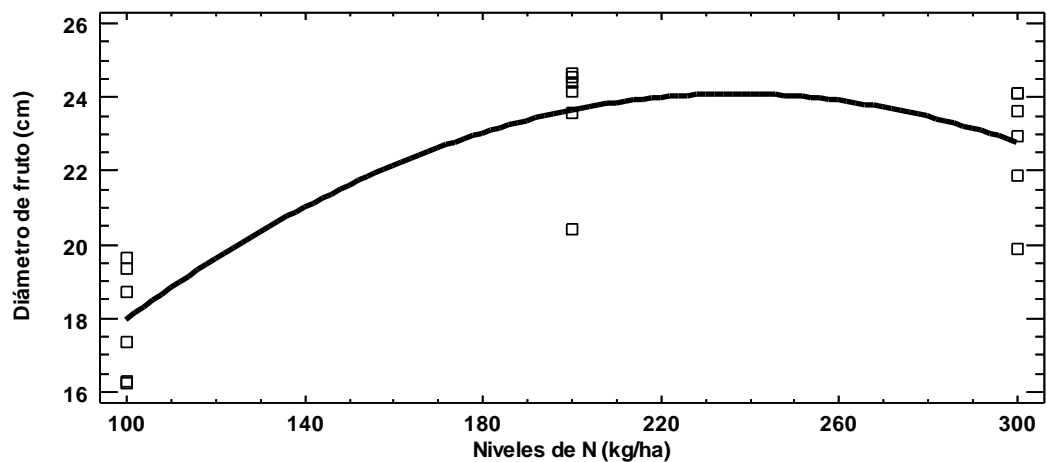
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, para determinar el nivel adecuado de N para el diámetro de fruto, se ajustó a una función cuadrática, resultando la siguiente actuación:

$$\hat{y} = 5,68 + 0,16N - 0,00033N^2$$

Figura 5

Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha⁻¹) en el diámetro de frutos de sandía



5.1.5. Peso de fruto

Tabla 17

Análisis de varianza para peso de fruto de sandía (kg)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	p-valor		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	2	1,97	0,99	5,01	4,10	7,56	*
Cultivares	1	0,06	0,06	0,31	4,96	10,04	ns
Niveles de N	2	23,57	11,78	59,88	4,10	7,56	**
Cultivares*Niveles de N	2	0,3	0,15	0,77	4,10	7,56	ns
Error exp.	10	1,97	0,2				
Total	17	27,87					

CV= 6,43 % NS: No significativo **: Alta significación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, el análisis de varianza indica que existe diferencias estadísticas significativas entre bloques. Para el factor cultivares no se encontró significación estadística, mientras que, el factor niveles resulto significativo, sin embargo, la interacción de los factores fue no significativa. El coeficiente de variación fue de 6,43 %. Para el factor niveles de nitrógeno, al ser cuantitativo, se estableció el modelo de regresión lineal (tabla 18).

Tabla 18

Análisis de regresión para peso de fruto de sandía (kg)

F. V.	gl	SC	CM	Fc	F tab		Significación
					0,05	0,01	
Regresión	2	23,5678	11,7839	41,06	3,68	6,36	**
Residual	15	4,30458	0,286972				
Total	17	27,8724					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18, el análisis de regresión indica que los niveles de nitrógeno y el peso de frutos están relacionados.

Tabla 19

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

	Coefficientes	Error típico	T	Probabilidad
Intercepto	-0,2250	0,953281	-0,236027	0,8166
Niveles de N	0,0698	0,010825	6,45112	0,0000 **
Niveles de N ²	-0,00015	0,000027	-5,47572	0,0001 **

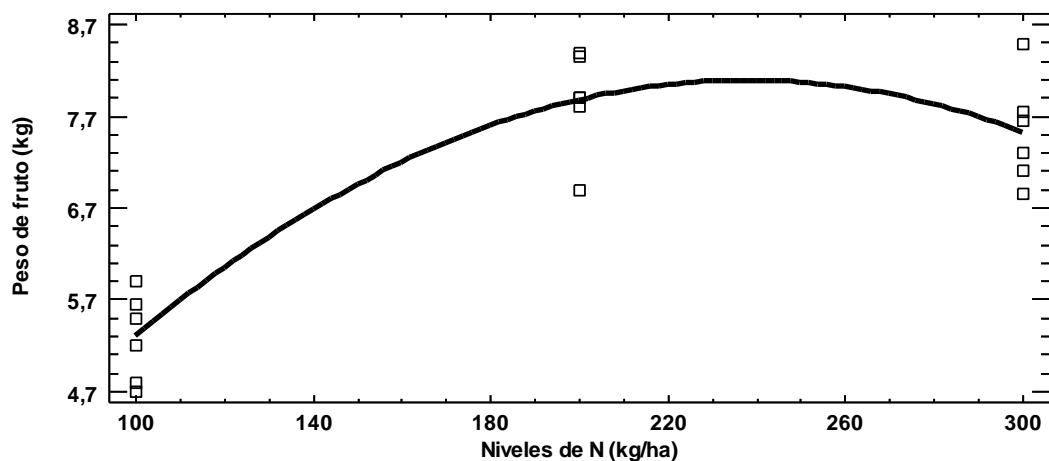
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, para determinar el nivel adecuado de N para el peso de fruto, se ajustó a una función cuadrática, resultando la siguiente actuación:

$$\hat{y} = -0,225 + 0,0698N - 0,00015N^2$$

Figura 6

Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha⁻¹) en el peso de frutos de sandía



Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, se observa que el peso de frutos obtenidos en los diferentes tratamientos alcanzó pesos diferentes, siendo el valor máximo observado 7,94 kg cm con un nivel de 233,33 kg N ha⁻¹.

5.1.6. Grados Brix

Tabla 20

Análisis de varianza para grados brix (brix)

F.V.	GI	SC	CM	Fc	F tab		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	2	2,58	1,29	1,35	4,10	7,56	ns
Cultivares	1	0,5	0,5	0,52	4,96	10,04	ns
Niveles de N	2	2,33	1,17	1,22	4,10	7,56	ns
Cultivares*Niveles de N	2	1,00	0,5	0,52	4,10	7,56	ns
Error	10	9,58	0,96				
Total	17	16					

CV= 11,08 % NS: No significativo *: Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, el análisis de varianza de grados brix, indica que no hay diferencias estadísticas significativas entre bloques. Asimismo, los factores y su interacción resultaron no significativos. El coeficiente de variación fue de 11,08 %.

5.1.7. Rendimiento por unidad experimental

Tabla 21

Análisis de varianza para rendimiento por unidad experimental (kg)

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F tab		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	2	123,42	61,71	2,66	4,10	7,56	ns
Cultivares	1	5 980,53	5 980,53	257,37	4,96	10,04	**
Niveles de N	2	2 568,54	1 284,27	55,27	4,10	7,56	**
Cultivares*Niveles de N	2	855,63	427,82	18,41	4,10	7,56	**
Error	10	232,38	23,24				
Total	17	9 760,5					

CV= 2,87 % NS: No significativo *: Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21, el análisis de varianza de rendimiento por unidad experimental, muestra que los factores cultivares y niveles de nitrógeno resultaron con alta significación estadística, del mismo modo la interacción de los factores presentó diferencias estadísticas altamente significativas. Lo que implica que los factores en estudio influyeron de forma conjunta en el rendimiento por unidad experimental. El coeficiente de variación fue de 2,87 %.

Con el propósito de conocer el tipo de respuesta, se realizó el análisis de regresión para cada variedad.

Tabla 22*Análisis de regresión para rendimiento por unidad experimental del cv. Delta*

F.V.	GI	SC	CM	Fc	F tab		Significación
					0,05	0,01	
Regresión	1	200,682	200,682	7,08	5,59	12,25	*
Residual	7	198,347	28,3353				
Total	8	399,029					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22, el análisis de varianza de regresión se encontró significación estadística, lo que indica que los niveles de nitrógeno y el rendimiento por unidad experimental del cv. Delta están relacionados.

Tabla 23*Prueba de significación de los coeficientes de regresión*

	Coeficientes	Error típico	T	Probabilidad
Intercepción	138,244	4,69453	29,448	0,0000
Niveles de N	0,058	0,0217314	2,66128	0,0324 **

Fuente: Elaboración propia

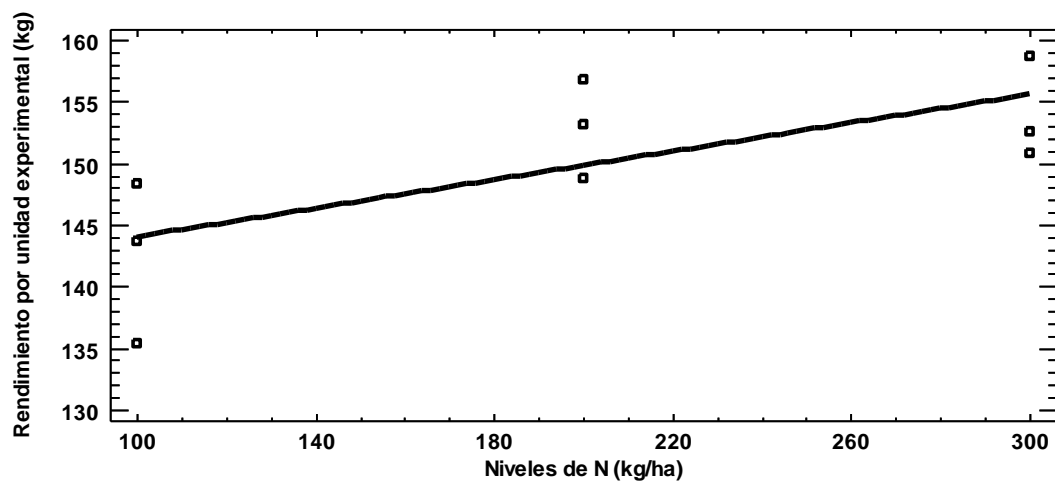
En la tabla 23, al realizar la prueba de hipótesis del coeficiente de regresión resultó significativo indicando que por cada kg de nitrógeno el rendimiento por unidad experimental del cultivar Delta se incrementa en 0,058 kg; obteniendo la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 138,244 + 0,058 N$$

En la figura 7, se expresa la tendencia lineal, en la que se observa que, al aumentar las unidades de nitrógeno, se incrementa el rendimiento por unidad experimental del cv. Delta.

Figura 7

Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el rendimiento por unidad experimental del cv. Delta



Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Análisis de regresión para rendimiento por unid. experimental del cv. Santa Amelia

F.V.	SC	GI	CM	F	F tab		Significación
					0,05	0,01	
Regresión	3 179,63	2	1 589,81	47,38	4,46	10,92	**
Error	201,31	6	33,55				
Total	3 380,94	8					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, el análisis de varianza de regresión resultó con alta significación estadística, lo que indica que los niveles de nitrógeno y el rendimiento por unidad experimental del cv. Santa Amelia están relacionados.

Tabla 25

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

	Coeficientes	Error típico	T	p-valor
Intercepción	67,07	14,58	4,6	0,0037
Niveles de N	1,18	0,17	7,12	0,0004 **
Niveles de N ²	-0,0025	0,0004	-6,1	0,0009 **

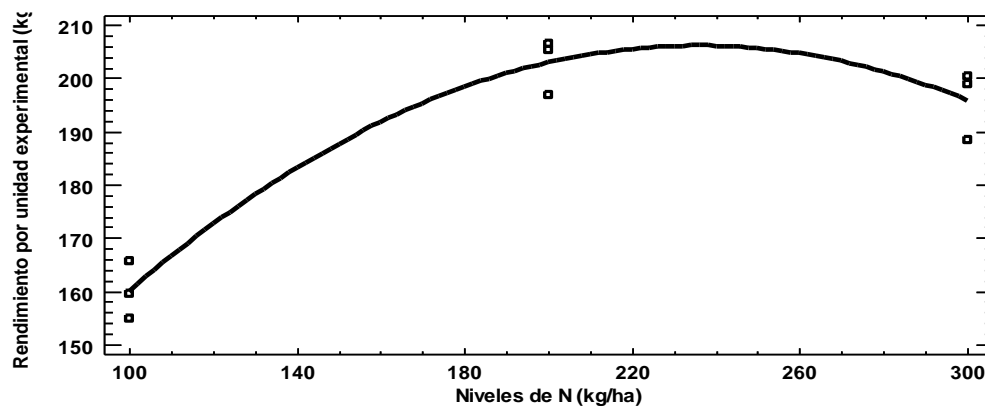
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 25, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, para determinar el nivel adecuado de N para el rendimiento por unidad experimental del cv. Santa Amelia, se ajustó a una función cuadrática, resultando la siguiente actuación:

$$\hat{y} = 67,07 + 1,18N - 0,0025N^2$$

Figura 8

Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el rendimiento por unidad experimental del cv. Santa Amelia



Fuente: Elaboración propia

En la figura 8, se observa que el rendimiento por unidad experimental obtenidos en los diferentes niveles alcanzó pesos diferentes, siendo el valor máximo observado 206,31 kg con un nivel de 236 kg N ha^{-1}

5.1.8. Rendimiento por hectárea

Tabla 26

Análisis de varianza para rendimiento por hectárea (t ha^{-1})

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F tab		Sig.
					0,05	0,01	
Bloques	2	7,28	3,64	2,75	4,10	7,56	ns
Cultivares	1	340,87	340,87	257,50	4,96	10,04	**
Niveles de N	2	144,89	72,45	54,73	4,10	7,56	**
Cultivares*Niveles de N	2	48,99	24,49	18,50	4,10	7,56	**
Error	10	13,24	1,32				
Total	17	555,27					

CV= 2,88 %

NS: No significativo

*: Significativo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26, el análisis de varianza para el rendimiento por hectárea, se observa que, no existe diferencias estadísticas entre bloques. No fueron constatados efectos significativos de los factores cultivares y niveles de N, en forma individual. En tanto la interacción resultó significativa. Se puede indicar que los factores en estudio influyeron de forma conjunta en el rendimiento de la sandía. El coeficiente de variación fue de 2,88 %. El factor niveles de nitrógeno fue cuantitativo, y el factor cultivares cualitativo, por lo que se estableció el modelo de regresión lineal considerando la dispersión de puntos para cada cultivar.

Tabla 27

Análisis de regresión para rendimiento para rendimiento por hectárea del cv. Delta

F. V.	SC	GI	CM	Fc	F tab		Significación
					0,05	0,01	
Regresión	11,454	1	11,454	7,09	5,59	12,25	*
Residuo	11,3078	7	1,6154				
Total	22,7618	8					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27, el análisis de regresión para el cultivar Delta, indica que, existe una relación estadísticamente significativa entre rendimiento por hectárea y niveles de nitrógeno.

Tabla 28

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

	Coefficientes	Error típico	T	Valor-P
Intercepción	32,877	1,121	29,3306	0,0000
Nitrógeno	0,014	0,005	2,6628	0,0323 **

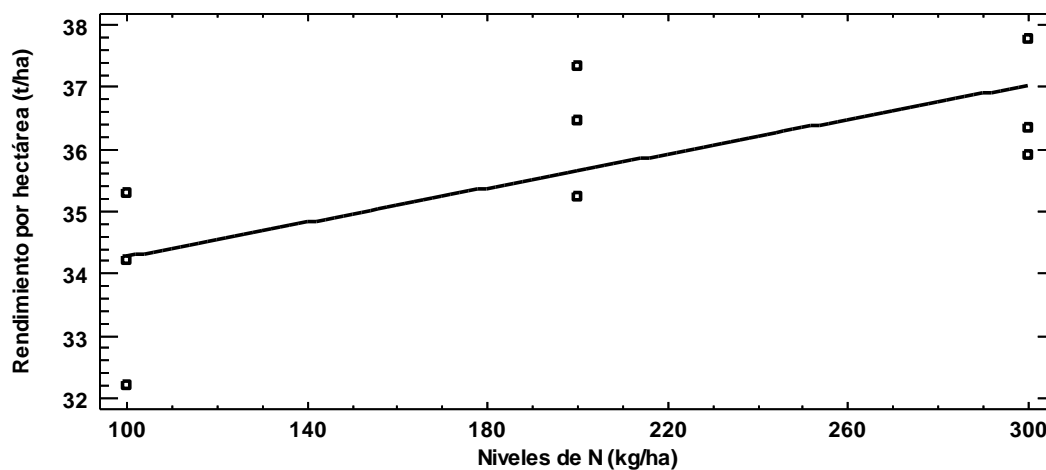
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28, la prueba de hipótesis del coeficiente de regresión resultó significativo indicando que por cada kg de N el rendimiento del cv. Delta se incrementa en 0,014 t ha⁻¹; la ecuación del modelo ajustado es:

$$\hat{y} = 32,877 + 0,014N$$

Figura 9

Efecto de niveles de nitrógeno (t ha⁻¹) en el rendimiento por hectárea del cv. Delta



Fuente: Elaboración propia

En la figura 9, está expresado la tendencia lineal, en el que se observa que al aumentar las unidades de nitrógeno se incrementa el rendimiento por hectárea del cultivar Delta.

Tabla 29

Análisis de regresión para rendimiento por hectárea del cv. Santa Amelia

F.V.	GI	SC	CM	Fc	F tab		Significación
					0,05	0,01	
Regresión	2	180,202	90,1012	47,26	5,14	10,92	**
Residual	6	11,4382	1,90637				
Total	8	191,641					

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29, el análisis de regresión indica que, existe una relación estadísticamente significativa entre niveles de nitrógeno y rendimiento en el cultivar Santa Amelia.

Tabla 30

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

	Coeficientes	Error típico	T	Probabilidad	
Intercepción	15,97	3,47472	4,59606	0,0037	
Niveles de nitrógeno	0,2807	0,03946	7,11405	0,0004	**
Niveles de nitrógeno N ²	-0,000595	0,00010	-6,09437	0,0009	**

Fuente: Elaboración propia

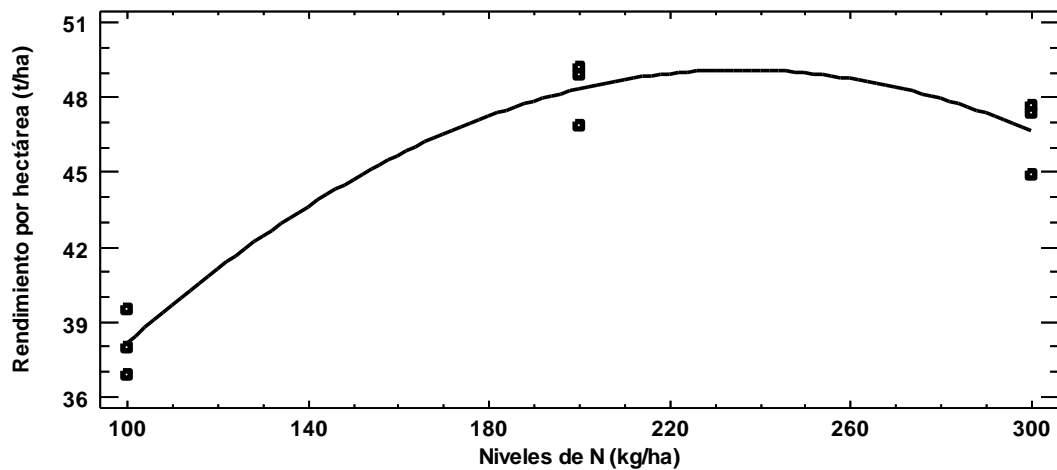
En la tabla 30, la prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión, para determinar el nivel adecuado de N para el rendimiento del cv. Santa Amelia, se ajustó a una función cuadrática, resultando la siguiente

ecuación:

$$\hat{y} = 15,97 + 0,2807N - 0,000595N^2$$

Figura 10

Efecto de niveles de nitrógeno (kg ha^{-1}) en el rendimiento por unidad experimental del cv. Santa Amelia



Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se observa que el rendimiento por hectárea obtenidos en los diferentes niveles alcanzó pesos diferentes, siendo el valor máximo observado $49,08 \text{ t ha}^{-1}$ con un nivel de $235,88 \text{ kg N ha}^{-1}$.

5.2. Discusión de los resultados

La longitud de planta de la sandía fue superior en el cultivar Delta con 2,90 m; mientras que el cultivar Santa Amelia logró 2,83 m. También se observó que al incrementar el N de 100 a 200 kg ha⁻¹ la longitud de planta aumenta linealmente, sin embargo, al seguir incrementando la dosis de N hasta 300 kg N ha⁻¹ la longitud de planta disminuye. El nivel o tasa de N que permite alcanzar la longitud de planta máxima (2,96 m) es 227,27 kg N ha⁻¹. Estos resultados son diferentes a los encontrados por Tancara (2009), en su investigación no encontró efecto significativo del N sobre la longitud de planta.

El número de frutos por unidad experimental, evaluado durante la cosecha de frutos, aumentó linealmente de 36 a 39 al aumentar la tasa de N de 100 a 200 kg ha⁻¹, sin embargo, al seguir incrementando la tasa de nitrógeno hasta 300 kg ha⁻¹ el número de frutos por unidad experimental disminuye. El nivel de N que permite alcanzar número de frutos máximo por unidad experimental (39,636) es 227,27 kg N ha⁻¹. Estos hallazgos en la presente investigación difieren de los encontrados por Tancara (2009), en su investigación no encontró efecto significativo del nitrógeno sobre el número de frutos por planta.

La longitud de frutos, se evaluó al momento de la cosecha, aumentó linealmente al aumentar la dosis de nitrógeno de 100 a 200 kg ha⁻¹, sin embargo, al seguir incrementando la tasa de N hasta 300 kg ha⁻¹, la longitud del fruto disminuye. La dosis de N que permite obtener la longitud de fruto máxima (30,83 cm) es de 233,33 kg N ha⁻¹.

El diámetro de fruto, esta evaluación se realizó después de la cosecha, se observó un aumento lineal al incrementar la dosis de nitrógeno de 100 a 200 kg ha⁻¹, sin embargo, al seguir incrementando el nitrógeno el diámetro de fruto disminuye. La dosis de nitrógeno que permite alcanzar el diámetro de fruto máximo (25,07 cm) es de 242,42 kg ha⁻¹.

El peso de frutos, aumenta linealmente al incrementar la dosis de nitrógeno de 100 a 200 kg ha⁻¹, sin embargo, al seguir incrementando la aplicación de N hasta 300 kg ha⁻¹, el peso de los frutos disminuye. El peso de frutos máximo (7,94 kg) se obtiene con 233,33 kg de N ha⁻¹. Los resultados hallados son similares a los reportados por Tancara (2009) en su investigación encontró una dosis de 203,02 kg ha⁻¹ de N, para un peso máximo de fruto de sandía de 7,89 kg.

El rendimiento y el peso de la fruta dependieron en gran medida de las ubicaciones de prueba, aunque se ha utilizado diferentes cultivares

(Delta y Santa Amelia). Sin embargo, el manejo y la tecnología fue la misma para ambos cultivares, y sembrado en fechas similares. El rendimiento y el peso de la fruta fueron más altos en Santa Amelia (44,34 t ha⁻¹) que en Delta (35,64 t ha⁻¹) en promedio general. En cuanto a los sólidos solubles (Brix) no hubo efecto del nitrógeno y tampoco de las variedades. Sin embargo, Tancara (2009) en su investigación encontró efecto positivo del N sobre los sólidos solubles, alcanzando un óptimo de concentración de sólidos solubles de 11,108 grados Brix con un nivel de fertilización 220,55 kg de N ha⁻¹.

El rendimiento por unidad experimental en el cultivar Delta, aumentó linealmente de 144,04 a 155,64 kg al incrementar la dosis de N de 100 a 300 kg ha⁻¹, sin embargo, el rendimiento fue inferior al cultivar Santa Amelia. Mientras que el cultivar Santa Amelia el rendimiento aumentó linealmente de 160,07 a 203,07 kg al aumentar la dosis de N de 100 a 200 kg ha⁻¹. La dosis de N que permite obtener el rendimiento máximo por unidad experimental (206,31 kg). en el cv. santa Amelia es de 236 kg de N ha⁻¹.

El rendimiento total por hectárea, en el cv. Delta aumentó linealmente de 34,28 a 37,08 t ha⁻¹. Sin embargo, el rendimiento fue menor que el cv. Santa Amelia. Mientras que, en el cv. Santa Amelia se encontró una respuesta lineal cuando se incrementa la dosis de 100 a 200 kg de N ha⁻¹,

no obstante, al seguir incrementando el nitrógeno el rendimiento total disminuye. El nivel de N que permite obtener el rendimiento por hectárea máximo (49,08 t ha⁻¹) en el cultivar Santa Amelia es de 235,88 kg ha⁻¹.

Estos valores de cosecha, indican que la fertilización nitrogenada afectó positivamente el rendimiento de los cultivares evaluados y por lo tanto constituye una práctica necesaria en el área de estudio para incrementar el rendimiento del cultivo. Con respecto a la interacción nitrógeno x cultivares, el cultivar Delta presentó una respuesta lineal para el rendimiento, el consumo de nitrógeno del cultivar aumentó conforme se incrementó la dosis de N aplicada. Sin embargo, el rendimiento fue menor que el cv. Santa Amelia. Contrariamente, el cv. Santa Amelia presentó el rendimiento más alto con la dosis de 235,88 kg ha⁻¹ de N. Esto debido a que altas dosis de nitrógeno pueden afectar negativamente el rendimiento, aunque esto depende directamente del cultivar utilizado (Salgado et al., 2017). El exceso de N tiene más desventajas ya que se estimula el crecimiento foliar y se deprime el crecimiento de frutos (Bloem et al., 2004). La eficiencia en el uso de N, la eficiencia en la absorción de N y la eficiencia en la utilización de N se vieron significativamente afectadas por la fertilización con nitrógeno y las combinaciones de injertos en sandía (Colla et al., 2011).

Colla et al. (2011) en su estudio de campo abierto indicó que el aumento de las tasas de fertilización con nitrógeno de 0 a 100 kg ha⁻¹ mejoró los rendimientos totales y comercializables de las plantas de mini sandía al tiempo que disminuyó la EUN.

Maluki et al. (2016) indican que, para mejorar el rendimiento y la calidad de las sandías, número de frutos por planta y peso unitario de fruto, se debe aplicar 120 kg N ha⁻¹, dosis que está por debajo de la encontrada en esta investigación para el cv. Santa Amelia. Tancara (2009), en su investigación encontró una dosis de 218,44 kg ha⁻¹ de N, para un rendimiento de sandía de 57,08 t ha⁻¹.

La eficiencia en el uso de N en el cultivar Santa Amelia, puede atribuirse a la eficiencia de absorción de N de los cultivares, fue mejor en comparación al cv. Delta, por consiguiente, la eficiencia de estas combinaciones de niveles de N y cultivares también fue mejor en el cultivar Santa Amelia. Este cultivar de sandía mejoró la eficiencia de absorción de nitrógeno y la eficiencia de uso de nitrógeno, lo indicado tiene relación con lo manifestado por Nawaz et al. (2017), la eficiencia mejorada en el uso de N puede atribuirse a la eficiencia de absorción de N de los portainjertos de sandía, por lo tanto, el uso de N, la eficiencia de estas combinaciones de portainjerto-vástago también fue mejor. El injerto de sandía en portainjertos

mejoró la eficiencia de absorción de nitrógeno y la eficiencia de uso de nitrógeno en un 21% y 38%.

CONCLUSIÓN

Al utilizar los niveles de nitrógeno se encontró efectos significativos en el rendimiento de ambas variedades.

La respuesta del rendimiento a los diferentes niveles de nitrógeno fue lineal para el cv. Delta, por lo tanto, al incrementar un kg de nitrógeno el rendimiento se incrementa en $0,014 \text{ t ha}^{-1}$.

En el cv. Santa Amelia, el máximo rendimiento de frutas de sandía fue de $49,08 \text{ t ha}^{-1}$, utilizando $218,44 \text{ kg ha}^{-1}$ de N.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la dosis de fertilización nitrogenada de 218,44 kg ha⁻¹ de N para el cultivar Santa Amelia.

Realizar estudios para determinar el efecto de dosis de fertilización nitrogenada entre 0 y 400 kg ha⁻¹ en el cultivar Delta.

Se recomienda realizar experimentos en zonas diferentes para evaluar si bajo condiciones ambientales y de suelo distintas, la respuesta de los cultivares se muestra favorable.

Se recomienda realizar experimentos aplicando otras fuentes de N, para contrastar estos resultados con los expuestos en la presente tesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A. S. D., Dias, N. D. S., Figueiredo, L. G., Ribeiro, V. Q. y Sampaio, D. B. (2006). *Produção e qualidade de frutos de melancia à aplicação de nitrogênio via fertirrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(4), 836-841.
- Araújo, W. F., Barros, M. M., De Medeiros, R. D., Chagas, E. A. y Neves, L. T. B. C. (2011). *Crecimiento e produção de melancia submetida a doses de nitrogênio. Revista Caatinga*, 24(4), 80-85.
- Armstrong, D. I. (1999). *Phosphorus deficiency symptoms in some crops. Better crops*, 83(1) 20-23
- Asad, M. (2019). "Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento, la calidad y la eficiencia del uso del agua de riego de la sandía injertada fertirrigada por goteo (*Citrullus lanatus*) cultivada en un suelo calcáreo". 115 pp
- Azabache, A. (2003). *Fertilidad de suelos para una agricultura sostenible*. Huancayo, Perú.
- Balemi, T. y Negisho, K. (2012). *Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production. Journal of soil science and plant nutrition* 12(3), 547-562.

- Barbazán, M. (1998). *Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República. 27 pp.
- Barros, M. M., Araújo, W. F., Neves, L. T., de Campos, A. J. y Tosin, J. M. (2012). *Produção e qualidade da melancia submetida a adubação nitrogenada*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 16(10), 1078-1084.
- Bazán, L. (2015) “*Cuatro niveles de fertilización N – P – K en el cultivo de melón (Cucumis melo var. reticulatus L.) bajo las condiciones del valle de cañete*”. 63 pp.
- Bloem, E., Haneklaus, S. y Schnug, E. (2004). *Influence of Nitrogen and Sulfur Fertilization on the Alliin Content of Onions and Garlic*. *Journal of Plant Nutrition*, 27(10),1827–1839.
- Casseres, E. (1980). *Producción de hortalizas*. San José, Costa Rica: 3ra edición. Editorial IICA. 387 pp.
- Castellanos, J. Z. (2000). *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos, Aguas Agrícolas, Plantas y ECP*. 2ª Ed. Intagri. México. 186 p.
- Colla, G., Roupshael,, Mirabelli, C. y Cardarelli, M. (2011). *Nitrogen-use efficiency traits of mini-watermelon in response to grafting and nitrogen-fertilization doses*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174(6), 933-941.

- CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) (2000). *El cultivo de sandía o patilla (Citrullus lanatus) en el departamento del Meta*. Colombia: Ed. Jaramillo. Ministerio de Agricultura.
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C. y Martin, A. (2009). *Manual de cultivo de sandía (Citrullus lanatus) y melón (Cucumis melo L.)*. Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. 18 pp.
- Filgueira, F. A. R., Carrijo, I. V., Avelar Filho, J. A. (1999). *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa: CFSEMG, 5a aproximação. 192 p.
- Gros, A. (1992). *Abonos guía práctica de la fertilización* (octava ed.). Madrid, España.
- Hawkesford, M., Horst, T., Kichey, H., Lambers, J., Schjoerring, I. y Moller. P. (2012). *Functions of macro-nutrients*. pp. 135-189. En: Marschner, P. (ed.). *Mineral nutrition of higher plants*. 3a ed. Elsevier, Amsterdam. Doi: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6
- Hipp, W. (1974). *Influence of nitrogen and maturity rate on hollow stem of broccoli*. HortScience, 9, 68 – 69.

- Hochmuth, G. J. (2015). *Progress in mineral nutrition and nutrient management for vegetable crops in the last 25 years*. *HortScience*, 38, 999-1003.
- Hopking, W.G. (1995). *Introducción to plant Physiologg*. The University of Western Ontario. New York. 485 pág.
- Hortoinfo, (2014). *La producción mundial de sandía supera los 105 mil millones de kilos*. <http://www.hortoinfo.es/index.php/noticias/4027-plan-transort-ue-110914>.
- Hortoinfo (2012). *La producción mundial de berenjena crece un 56'45 %*. *Más de la mitad se cultiva en China*. Diario Digital de Actualidad Hortofrutícola. <http://www.hortoinfo.es/index.php/5200-prod-mund-ber-270117>
- INEI (2015). *Perú Síntesis Estadística*, 107 pp.
- INTAGRI. (2017a). *Síntomas visuales de deficiencia de fósforo en los cultivos*. México: Serie de nutrición vegetal N° 103. Artículos técnicos de INTAGRI. 4 pp.
- INTAGRI. (2017b). *Fósforo y calcio en el crecimiento de la raíz*. México: Serie nutrición vegetal. N°104. Artículos técnicos de INTAGRI. 4 pp.
- INTAGRI. (2017c). *Uso eficiente del fósforo en la agricultura*. México: Serie nutrición vegetal. N°104. Artículos técnicos de INTAGRI. 5 pp.

- Luiz, A., Bernardes C. y Pavani, H. “*Distancia entre plantas y dosis de nitrógeno y potasio en sandía sin semillas fertirrigada*”. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Vi
- Juárez, B. (2008). *Programa de mejoramiento genético de sandía en Seminis*. Woodland, California, Estados Unidos: Seminis vegetable sedes inc.
- Maluki, M., Ogwen, J. y Gesimba, R. M. (2016). *Evaluation of nitrogen effects on yield and quality of watermelon {Citrullus lanatus (Thunb.) Matsumara y Nakai grown in the coastal regions of Kenya. International Journal of Plant & Soil Science, 9(2), 1-8.*
- Maroto, J., Gómez, A. y Pomares, F. (2002). *El cultivo de la sandía*. España: Ed. Mundi-Prensa.
- Mengel, K. y E.A. Kirkby. (1987). *Principles of plant nutrition. 4th edition. International Potash Institute. P.O. Box. Ch-3048 Worblaufen-Bern. Switzerland*
- Mondomeo, J. H. (1989). *Cucurbitáceas. 2º Edición*. México: Trillas, S. A. 58 pp.
- Montes, A. (1999). *Cultivo de hortalizas en el trópico*. El Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Horticultura. 109 pp.

- Morais, N. B., Bezerra, F. M. L., Medeiros, J. F. y Chaves, S. W. P. (2008). *Resposta de plantas de melancia cultivadas sob diferentes níveis de água e de nitrogênio. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, 39(3), 369-377.*
- Mousinho, F. E. P., Costa, R. N. T., de Souza, F. y Gomes Filho, R. R. (2003). *Função de resposta da melancia à aplicação de água e nitrogênio para as condições edafoclimáticas de Fortaleza, CE. Irriga, Botucatu, 8(3), 264-272.*
- MINAGRI (2016) *Informe Anuario Estadístico Agrícola.*
- Ministério de agricultura (2018) *Anuario Estadístico Agrícola.* 98 pp.
- Nawaz, M. A., Wang, L., Jiao, Y., Chen, C., Zhao, L., Mei, M., Huang, . (2017). *Pumpkin rootstock improves nitrogen use efficiency of watermelon scion by enhancing nutrient uptake, cytokinin content, and expression of nitrate reductase genes. Plant growth regulation, 82(2), 233-246.*
- Navarro, S. (2000). *Química agrícola.* 3ed. Madrid, España, Mundi Prensa SA. 492 p
- Ospina, J. (1994). *Enciclopedia agropecuaria terranova. Tomo I producción agrícola.* 1era. Edición. Bogotá, Colombia: Terranova. 225 pp.

- Panta, S. (2015). *Nivel de fertilización potásica en la producción y calidad de sandía (Citrullus lanatus) cv. "Black Fire"*. Lima, Perú.
- Perdomo, C., Barbazán, M. y Duran, J. (1994). *Nitrógeno. Cátedra de Fertilidad*. Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica. Montevideo. Uruguay, 74 pp
- Prado, M. (2008). *Nutrição de plantas*. (1^{ra} ed.). São Paulo: UNESP. 407 p.
- Reche, J. (1988). *La Sandía*. (3^{ra} ed.). Madrid: Mundi-Prensa. 230 pp.
- Rincón, J. J., Gallardo, Y., Leal, M. y Rojas, Y. (2003). Efecto de la relación calcio/fósforo en el suelo sobre el crecimiento y nodulación de plantas jóvenes de *Acacia mangium* Willd. *Biaagro*, 15(2), 97-105
- Robinson, R. y Decker-Walters, D. (1997). *Cucurbits, Crop Production Science in Horticulture*. Wallingford, Oxon, Reino Unido: CAB International
- Rolbiecki, A., Jackso, L Piszczek, P.; Figas, A., Jagosz, B., Ptach, W., Prus, P. y Kazula, M. J. (2020) *"impacto de la fertilización con nitrógeno en el rendimiento de la sandía cultivada en suelos muy livianos en Polonia"*. 35 pp
- Ruano, S., y Sánchez, I. (2000). *Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería*. Barcelona, España: Milanesat. 630 pp.


- Salgado, S., Izquierdo, J., Lagunes, L. del C., Palma, D. J., Córdova, S., Ortiz, H. y Castelán, M. (2017). Consumo de nitrógeno por cultivares de caña de azúcar en Tabasco, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(1), 45-59
- Santos, L. y Jiménez, W. (2009). *Patente n° US 6,172,272 B1*. United States of America
- Seminis. (2019). *Ficha técnica Santa Amelia*. <https://www.seminis-las.com/producto/santa-amelia/244>
- Seminis Vegetable Seeds (2016). *Comercialización de semillas de hortalizas, maíz dulce, pimienta y sandía*. Folleto. Estados Unidos: Monsanto Agricultura España
- Suchoffa, A., Sasser, J. C.C., Hassell, R.L. y Louws, F.J. (2019). *Efecto de portainjertos y fertilizantes nitrogenados sobre el crecimiento y rendimiento en sandía*, 110 pp.
- Tancara, A. (2009). *"Niveles de nitrógeno y fósforo en el cultivo de sandía (Citrullus lanatus) cultivar 'Klondike' bajo RLAF Goteo", realizado en el CEA III Fundo "Los Pichones"*. Tesis UNJBG 86 pp,
- Tisdale, S. y Nelson, W. (1991). *"Fertilidad de los suelos y Fertilizantes"*. Unión Topográfica Editorial Hispano-Americana, S.A. de C.V. Impreso México. 359 pág.

- Torres, J. (2015). *Efecto de la aplicación de cinco niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) var. Marginal 28 – t. en Yurimaguas*. (Tesis de Ing. Agrónomo). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 55 pp.
- Trani, P.E.; Passos, F.A.; Nagai, H. y Melo, A. (1997). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: (IAC. Boletim técnico, 100). Instituto Agronômico, 181 p.
- Universidad Nacional Agraria La Molina -UNALM. (2005). *Guía técnica para el cultivo de sandía*. Lima, Perú: Programa de hortalizas UNALM. 15 pág.
- Urbano, P. (1995). *Tratado de Protecnia general*. Madrid, España: Mundi Prensa. 580 pág.
- Valadez, A. (2006). *Producción de hortalizas*. Madrid, España: Noriega. 246 pp.
- Viza, B. (2010). *"Influencia de cuatro niveles de fertilización nitrogenada y potásica en el rendimiento del cultivo de sandía" (Citrullus lanatus Thunb) variedad Santa Amelia, en condiciones del valle de Moquegua*. Tesis UNJBG 101pp.

ANEXOS

Anexo 1

Resultados del análisis del suelo


LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS & SERVICIOS E.I.R.L.
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS;
 ANÁLISIS DE AGUAS: POTABLE, SUPERFICIALES, CALDEROS, EFLUENTES INDUSTRIALES, RIEGO
 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS, PLANTAS, ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Y ABONOS

LAQ&S **INFORME DE ENSAYO N° 103 – 11 – SUE – 2019**

ANÁLISIS DE SUELO

I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : CLAUDIA ESCOBAR
Centro Experimental Agrícola Los Pichones

TIPO DE MUESTRA : SUELO
SERVICIO SOLICITADO : ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELO

CODIGO REGISTR. LABORATORIO : M-1 = 442
FECHA DE MUESTREO : 28 de Octubre del 2019
SECTOR : Campo 35, Tacna
PRESENTACIÓN : 01 bolsa de plástico con 1.0 Kg. de muestra aprox.
FECHA DE RECEPCION : 29 de Octubre del 2019
FECHA ENTREGA RESULTADO : 01 de Noviembre del 2019

II.- RESULTADO ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN EN SUELOS

Mtra	ANÁLISIS MECÁNICO				ANÁLISIS QUÍMICO				ELEMENTOS DISPONIBLES			
	Cod. Lab.	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural	CO ₃ Ca %	pH	C.E. mS/cm	Mat. Org. %	Nitróg. % N.	Fósforo ppm P	Potasio ppm K
M-1=442		38.4	15.6	46.0	Franco	0.0	7.83	1.96	0.65	0.035	132.11	450

Abreviaturas:
 C.E. = Conductividad Eléctrica C.E. y pH = relación suelo/agua = 1/2.5 mS/cm = milisiemens por cm = mmo por cm
 % = Porcentaje ppm = partes por millón CO₃Ca = Carbonato de Calcio Mat. Org. = Materia Orgánica
 Nitróg. = Nitrógeno

Cod. Lab.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES CAMBIABLES				CIC Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs	PSI Porcentaje de Sodio Intercambiable %
	Ca ⁺⁺ meq/100gs	Mg ⁺⁺ meq/100gs	K ⁺ meq/100gs	Na ⁺ meq/100gs		
M-1=442	13.39	2.65	0.97	0.39	17.4	2.24

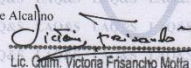
Abreviaturas
 CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs = miltiequivalentes x 100gs de suelo PSI = Porcentaje de Sodio Intercambiable


III.- INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Cod. Lab.	CO ₃ Ca	pH	C.E.	MAT. ORG.	NITROG.	FÓSFORO	POTASIO
M-1=442	Deficiente	Moderad. Alcalino	Moderad. Salino	Deficiente	Deficiente	Excesivo	Alto

Cod. Lab.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO BASES CAMBIABLES				CIC	PSI
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺		
M-1=442	Alto	Medio	Muy Alto	Medio	Medio	No Sódico

Abreviaturas
 Moderad. Alcalino = Moderadamente Alcalino Moderad. Salino = Moderadamente Salino


 Lic. Guim. Victoria Frisancho Motta
 C.Q.P. 270



PROHIBIDA DE REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME
 VALIDO SOLO PARA LA MUESTRA ANALIZADA

Pag. 1 de 3

OF. PRINCIPAL: SOR ANA DE LOS ÁNGELES D-207 TELF.: 054 401288 • CEL.: 959458551 - 953433351 • E-MAIL: lab_laquis@hotmail.com
 PARTE POSTERIOR COLEGIO NEPTALI VALDERRAMA AMPUERO (PLAYA DE ESTACIONAMIENTO) - PAUCARPATA
 www.laboratoriolaquis.com
 AREQUIPA - PERU

Fuente: Laboratorio de Análisis Químicos & Servicios (2019)

Anexo 2

Datos originales de longitud de planta (m)

Bloques	Cultivares	Niveles de N	Longitud de planta
I	Santa Amelia	100	2,63
I	Santa Amelia	200	2,95
I	Santa Amelia	300	2,88
I	Delta	100	2,65
I	Delta	200	3,02
I	Delta	300	2,97
II	Santa Amelia	100	2,59
II	Santa Amelia	200	2,97
II	Santa Amelia	300	3,05
II	Delta	100	2,64
II	Delta	200	3,1
II	Delta	300	2,99
III	Santa Amelia	100	2,66
III	Santa Amelia	200	2,89
III	Santa Amelia	300	2,84
III	Delta	100	2,64
III	Delta	200	3,12
III	Delta	300	2,96

Anexo 3

Datos originales de numero de frutos/UE (unid.)

Bloques	Cultivares	Niveles de N	Frutos por UE
I	Santa Amelia	100	37
I	Santa Amelia	200	40
I	Santa Amelia	300	39
I	Delta	100	36
I	Delta	200	39
I	Delta	300	39
II	Santa Amelia	100	36
II	Santa Amelia	200	39
II	Santa Amelia	300	38
II	Delta	100	35
II	Delta	200	40
II	Delta	300	39
III	Santa Amelia	100	37
III	Santa Amelia	200	40
III	Santa Amelia	300	38
III	Delta	100	36
III	Delta	200	39
III	Delta	300	38

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4

Datos originales de longitud de frutos (cm)

Bloques	Cultivares	Niveles de N	Longitud de fruto
I	Santa Amelia	100	27,77
I	Santa Amelia	200	30,64
I	Santa Amelia	300	29,5
I	Delta	100	24,79
I	Delta	200	30,55
I	Delta	300	31,7
II	Santa Amelia	100	25,45
II	Santa Amelia	200	30,35
II	Santa Amelia	300	28,77
II	Delta	100	25,37
II	Delta	200	29,77
II	Delta	300	28,57
III	Santa Amelia	100	24,42
III	Santa Amelia	200	29,67
III	Santa Amelia	300	29,54
III	Delta	100	24,58
III	Delta	200	31,12
III	Delta	300	28,26

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5

Datos originales de diámetro de frutos (cm)

Bloques	Cultivares	Niveles de N	Diámetro de fruto
I	Santa Amelia	100	19,35
I	Santa Amelia	200	24,66
I	Santa Amelia	300	24,1
I	Delta	100	16,3
I	Delta	200	23,57
I	Delta	300	22,95
II	Santa Amelia	100	19,63
II	Santa Amelia	200	24,55
II	Santa Amelia	300	19,88
II	Delta	100	17,33
II	Delta	200	24,15
II	Delta	300	21,87
III	Santa Amelia	100	18,72
III	Santa Amelia	200	24,39
III	Santa Amelia	300	24,13
III	Delta	100	16,25
III	Delta	200	20,43
III	Delta	300	23,65

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6

Datos originales de peso de frutos (cm)

Bloques	Cultivares	Niveles de N	Peso de fruto
I	Santa Amelia	100	5,9
I	Santa Amelia	200	8,35
I	Santa Amelia	300	7,75
I	Delta	100	4,8
I	Delta	200	8,4
I	Delta	300	8,5
II	Santa Amelia	100	5,65
II	Santa Amelia	200	7,9
II	Santa Amelia	300	7,1
II	Delta	100	5,5
II	Delta	200	7,8
II	Delta	300	7,65
III	Santa Amelia	100	4,7
III	Santa Amelia	200	6,9
III	Santa Amelia	300	7,3
III	Delta	100	5,2
III	Delta	200	7,9
III	Delta	300	6,85

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7

Datos originales de grados °Brix

Bloques	Cultivares	Niveles de N	Grados °Brix
I	Santa Amelia	100	8
I	Santa Amelia	200	9,5
I	Santa Amelia	300	9,5
I	Delta	100	10,5
I	Delta	200	8
I	Delta	300	10
II	Santa Amelia	100	8,5
II	Santa Amelia	200	9,5
II	Santa Amelia	300	8
II	Delta	100	8
II	Delta	200	9
II	Delta	300	10,5
III	Santa Amelia	100	7,5
III	Santa Amelia	200	8,5
III	Santa Amelia	300	9
III	Delta	100	7,5
III	Delta	200	9,5
III	Delta	300	8

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8

Datos originales de rendimiento por unidad experimental (kg)

Bloques	Cultivares	Niveles de N	Rendimiento UE
I	Santa Amelia	100	165,7
I	Santa Amelia	200	206,5
I	Santa Amelia	300	200,3
I	Delta	100	148,4
I	Delta	200	153,2
I	Delta	300	152,6
II	Santa Amelia	100	154,8
II	Santa Amelia	200	196,8
II	Santa Amelia	300	198,9
II	Delta	100	143,7
II	Delta	200	156,8
II	Delta	300	158,7
III	Santa Amelia	100	159,5
III	Santa Amelia	200	205,5
III	Santa Amelia	300	188,4
III	Delta	100	135,3
III	Delta	200	148,8
III	Delta	300	150,8

Anexo 9

Datos originales de rendimiento (t ha-1)

Bloques	Cultivares	Niveles de N	Rendimiento
I	Santa Amelia	100	39,45
I	Santa Amelia	200	49,16
I	Santa Amelia	300	47,69
I	Delta	100	35,3
I	Delta	200	36,47
I	Delta	300	36,33
II	Santa Amelia	100	36,85
II	Santa Amelia	200	46,85
II	Santa Amelia	300	47,35
II	Delta	100	34,21
II	Delta	200	37,33
II	Delta	300	37,78
III	Santa Amelia	100	37,97
III	Santa Amelia	200	48,92
III	Santa Amelia	300	44,85
III	Delta	100	32,21
III	Delta	200	35,23
III	Delta	300	35,9

Fuente: Elaboración propia