

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA Y CÁLCICA EN EL
RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus
lanatus* Matsum) BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO**

Para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

Elaborado por

MARY CARMEN FELIX MENDOZA

TINGO MARÍA – PERÚ

2019



"Año de la lucha de la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 008-2019-FA-UNAS

BACHILLER : Mary Carmen FELIX MENDOZA

TÍTULO : EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA Y CÁLCICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE SANDIA (*Citrullus lanatus* Matsum) BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO.

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLÓRZANO

VOCAL : Ing. M.Sc. LUIS G. MANSILLA MINAYA

VOCAL : Ing. M.Sc. JORGE L. ADRIAZOLA DEL AGUILA

ASESOR : Ing. CARLOS M. MIRANDA ARMAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 05 de abril del 2019

HORA DE SUSTENTACIÓN : 9:00 am

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE SESIONES DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS: EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 05 de abril del 2019.

Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLÓRZANO
PRESIDENTE

Ing. LUIS G. MANSILLA MINAYA
VOCAL

Ing. M.Sc. JORGE L. ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL

Ing. CARLOS M. MIRANDA ARMAS
ASESOR



DEDICATORIA

A Dios por estar cada día en mi camino, por darme fe, esperanza y amor en mi vida y mi corazón, por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía

A mis padres, Ana María Mendoza Caballero y Evaristo Felix Espinoza por su comprensión y ayuda en momentos difíciles y por brindarme su apoyo incondicional en lo económico para llegar hacer una profesional de éxito. Por haberme enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis hermanos Javier Eduardo, Mariana Janet y Arturo Leandro y demás familia por apoyarme siempre día a día por los consejos brindados cuando más lo necesitaba sin ustedes este mérito no se hubiese conseguido.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

- A: La Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), por mi formación académica y profesional en estos años, Así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante con mi carrera
- A: La Facultad de Agronomía por brindarme sus instalaciones para realizar de la presente tesis. En particular agradecer al Ing. Carlos M. Miranda Armas; asesor de la presente tesis, por sus orientaciones consejos y amistad. Asimismo, al Ing. Juan M. Ccoyca Fernández, por el apoyo incondicional brindado durante la ejecución de la tesis.
- A: Los miembros del jurado de tesis: Dr. José W. Zavala Solórzano, Ing. MSc. Jorge L. Adriazola del Águila e Ing. Agr. Luis G. Mansilla Minaya, presidente y miembros respectivamente, por su apoyo en la revisión, sugerencias y aporte al presente trabajo de investigación.
- A: Mis amigos: Tony Grandes Aguilar, Hevila Sarita Damiano Tinoco, Jennifer García Rodríguez en especial al Ing. Manuel Paredes Arce por su apoyo incondicional durante la ejecución de la tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1. El cultivo de sandía	13
2.2. Ecología de la sandía.....	13
2.2.1. Suelo	14
2.2.2. Radiación.....	15
2.3. Fisiología de la sandía	15
2.4. Principales criterios para la elección de variedades de sandía	16
2.5. Variedad evaluada en la investigación: Improved Peacock	16
2.5.1. Aspecto nutricional	17
2.6. Fertilización de sandía	19
2.6.1. Riego	20
2.6.2. Fertiirrigación.....	21
2.6.3. Extracción de nutrientes	21
2.7. Requerimiento nutricional.....	23
2.7.1. Absorción de nutrientes	23
2.7.2. Nitrógeno	24
2.7.3. Potasio.....	26
2.7.4. Calcio.....	31
2.7.5. Fuentes de magnesio	32

2.7.6.	Interacción de nutrientes	33
2.8.	Hidroponía	35
2.8.1.	Ventajas y desventajas de la hidroponía	35
2.8.2.	Solución nutritiva	36
2.8.3.	Preparación de la solución madre	38
2.8.4.	Aplicación de la solución nutritiva	40
2.9.	Componentes de calidad de sandía	41
2.9.1.	Categorías mínimas de calidad	42
2.9.2.	Grados de calidad de sandía	42
2.10.	Sólidos totales (grados Brix)	42
2.11.	Trabajos de investigación	44
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	46
3.1.	Ubicación del campo experimental	46
3.2.	Componentes en estudio	47
3.3.	Tratamientos en estudio	47
3.4.	Diseño experimental	48
3.5.	Análisis de variancia	48
3.6.	Características del campo experimental	49
3.6.1.	Parcela	49
3.6.2.	Del campo experimental	49
3.7.	Ejecución del experimento	50
3.7.1.	Limpieza del área experimental	50
3.7.2.	Preparación de sustrato	50
3.7.3.	Preparación de bolsas	50

3.7.4.	Perforación de las bolsas	50
3.7.5.	Llenado de bolsas	50
3.7.6.	Almácigo.....	51
3.7.7.	Trasplante a las bolsas.....	51
3.8.	Frecuencia de riego.....	51
3.9.	Inicio de fertilización	52
3.10.	Preparación de solución nutritiva para tratamientos.....	53
3.11.	Control de plagas y enfermedades.....	54
3.12.	Cosecha	55
3.13.	Variables para evaluar	55
3.13.1.	Número de frutos.....	55
3.13.2.	Diámetro de fruto.....	55
3.13.3.	Longitud de fruto	55
3.13.4.	Peso de fruto	56
3.13.5.	Sólidos solubles (Grados Brix)	56
3.13.6.	Análisis de rentabilidad.....	56
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1.	Evaluación de los parámetros estudiados en el experimento	58
4.2.	Grados Brix	67
4.3.	Rendimiento por hectárea	70
4.4.	Análisis económico y rentabilidad	73
V.	CONCLUSIONES	75
VI.	RECOMENDACIONES.....	76
VII.	RESUMEN.....	77

ABSTRACT.....	78
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	79
IX. ANEXO	85

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Aporte nutricional de la sandía	17
2. Características de algunas variedades de sandía	18
3. Extracción de nutrientes para cultivo de sandía	21
4. Antagonismo y sinergismo entre elementos nutritivos	37
5. Principales fertilizantes usados en una solución nutritiva	39
6. Niveles aceptables de cada elemento en una solución nutritiva y principales formas de absorción	40
7. Factores de calidad de sandía	42
8. Análisis económico por tratamiento	44
9. Datos meteorológicos registrados en la ejecución del experimento con respecto al periodo de abril-setiembre del 2017	46
10. Descripción de los tratamientos en estudio	47
11. Análisis de variancia	49
12. Formulación de fertilizantes para el inicio del experimento.....	52
13. Formulación de fertirrigación de sandía durante el experimento	53
14. Fertilizantes para la preparación de la solución nutritiva	54
15. Análisis de variancia de los parámetros evaluados en el experimento	58
16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los parámetros evaluados en el experimento	59
17. Análisis de variancia para los sólidos totales.....	67

18. Prueba de Duncan para sólidos totales	67
19. Análisis de variancia para el rendimiento.....	70
20. Prueba de Duncan para el rendimiento del cultivo de sandía.....	72
21. Análisis de rentabilidad (B/C) por cada tratamiento y hectárea	74
22. Costo de inversión del tratamiento T ₁ del trabajo de investigación.....	94
23. Costo de inversión del tratamiento T ₂ del trabajo de investigación.....	94
24. Costo de inversión del tratamiento T ₃ del trabajo de investigación.....	95
25. Costo de inversión del tratamiento T ₄ del trabajo de investigación.....	95
26. Costo de inversión del tratamiento T ₅ del trabajo de investigación.....	96
27. Presupuesto general de inversión en el trabajo de investigación	97

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Variedad Improved Peacock.....	17
2. Características evaluadas (número de frutos, Diámetro, longitud y peso) de la variedad Improved Peacock.....	66
3. Evaluación de grados Brix en frutos cosechados por tratamiento	70
4. Rendimiento del cultivo de sandía variedad “Improved Peacock”	73
5. Preparación del sustrato para la siembra del cultivo	86
6. Aplicación de herbicida para el control de malezas	86
7. Germinación de la semilla de sandía	87
8. Plántulas para el trasplante a campo definitivo.....	87
9. Riego del cultivo de sandía	88
10. Inflorescencia femenina y masculina de la sandía	88
11. Rajadura del tallo de sandía	89
12. Evaluación de grados Brix	89
13. Primera visita de miembros de jurado a la presente tesis.....	89
14. Aplicación de fungicida	90
15. Cosecha de sandía en el vivero de la UNAS	90
16. Daños de botritis y del barrenador de fruto.....	91
17. Selección de frutos por tratamiento para grados Brix	91
18. Frutos cosechados de la planta 4 del tratamiento T ₄	92
19. Frutos cosechados de la planta 10 del tratamiento T ₄	92
20. Segunda visita de los miembros de jurado	93

I. INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus* Matsum) es uno de los productos más cultivadas en el mundo. La demanda mundial es mayor que cualquier otro cucurbitáceas. La producción y calidad de la sandía está relacionada con factores genéticos, climáticos y fitotécnicos. Investigaciones recientes en Tingo María han demostrado que, mediante la aplicación de riego, es posible elevar la producción. Señalando que, al aumentar los niveles de potasio en el fruto, se logran aumentar también el peso del fruto, color y dulzor (SALGADO, 2016).

Sin embargo, la fertilización y el método de aplicación son prácticas importantes en el cultivo de sandía. la fertilización potásica es importante, ya que tiene una alta influencia en las características internas de la fruta. El potasio interviene favoreciendo la formación de azúcares, dando un color rojo intenso a la pulpa y proporciona calidad a los frutos, además regula el contenido de agua en las células, proporcionando a la planta resistencia a las heladas y la sequía (BARREDA, 2015).

Siendo, el calcio responsable de mantener el buen estado de las raíces en la planta, pero el suministro excesivo de uno de estos nutrientes, puede afectar la absorción del otro, de ahí la importancia de determinar la mejor fertilización de potasio y calcio en un sistema hidropónico. Por ello se planteó la hipótesis, que por lo menos con una fertilización K y Ca se obtendrá los mejores resultados en rendimiento y calidad del fruto.

Para probar la hipótesis planteada en la investigación se tiene los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar el efecto de la fertilización cuantitativa con K y Ca en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía bajo sistema hidropónico

Objetivos específicos

1. Determinar la dosis adecuada de potasio y calcio en el rendimiento de sandía.
2. Determinar el efecto de la dosis de potasio y calcio sobre la calidad de frutos.
3. Determinar el análisis de rentabilidad (B/C) de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de sandía

La sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.), Matsum) es una planta herbácea monoica, cuyo origen se presume en África. Es un cultivo de amplia difusión en Chile y de consumo generalmente crudo, como postre, que aporta muy pocas calorías y algunas vitaminas y minerales. resulta una fruta muy refrescante e hidratante, propia de la temporada de verano, ya que está compuesta en más de un 90% de agua. Se cultivan en las regiones tropicales y subtropicales. Actualmente Asia es el principal continente productor de sandías, con más del 80% de la producción mundial. África, Europa y Norteamérica tienen producciones destacables. Siendo China el principal país productor (ABARCA, 2017).

2.2. Ecología de la sandía

La sandía perfectamente se adapta en un clima semiseco y cálido como del Pacífico centroamericano, con temperaturas óptimas de 20 a 25°, máximo 35° y mínimo 10°. La sandía prospera mejor cuando su periodo vegetativo coincide con tiempos soleados y secos, pero con suficiente humedad del suelo; en zonas demasiado húmedas, la fructificación y calidad del fruto son muy bajos (CÁRDENAS, 2001).

SALINAS (2015), afirma que las cucurbitáceas crecen bien en climas cálidos con temperaturas de 18 a 25 °C óptimas, máximos 32 °C y mínimo hasta 10 °C, las semillas tendrán alto porcentaje de germinación si el suelo tiene una temperatura de 21 a 32 °C, además de que, el cultivo de sandía requiere una

altitud de 0 a 300 m.s.n.m. La humedad relativa óptima para el cultivo de sandía está entre 60% y 80%, siendo un factor determinante durante la floración, un mínimo de 50% de humedad relativa facilita la apertura de anteras, dehiscencia y la polinización.

ABARCA (2017), indica que la temperatura óptima para el crecimiento de la planta es de 25 a 35 °C durante el día y de 18 a 22 °C por la noche. En promedio de 18 a 20 °C es óptimo para la antesis o sea la apertura de las flores que deja sus partes disponibles para la polinización y dehiscencia.

2.2.1. Suelo

Las cucurbitáceas prefieren suelos fértiles, bien drenados como los francos arenosos que calientan con facilidad, los suelos mal drenados, así como los arenosos que no retienen la humedad no son convenientes. Cuando se cultiva sandía, siempre se debe tener un tipo de rotación; desde el punto de vista de control de enfermedades no debiéndose cultivar sandía por más de cuatro años en el mismo terreno (FELIX y SOTO, 2017).

La sandía posee un sistema de raíces de tipo profundo ya que puede penetrar más de 1.20 m en el suelo; por tal razón el tipo de suelo y la preparación adecuada del terreno desempeñan un papel muy importante en el crecimiento de la planta. El suelo ideal para la siembra de sandía es profundo, suelto y de buen drenaje; se recomienda que sea franco arcilloso con pH entre 5.5 a 6.8. Este cultivo se clasifica como tolerante a la acidez del suelo, y puede tolerar un pH hasta de 5.5. Valores de pH más bajos pueden provocar que se manifieste toxicidad de algunos elementos o deficiencias de otros (BARREDA, 2015 y CÁRDENAS, 2001).

2.2.2. Radiación

La sandía es considerada una planta tipo C₃; la edad del cultivo y la intensidad lumínica modifican la fotosíntesis neta. El sistema de producción, el uso de cubiertas plásticas puede modificar la eficiencia de utilización de la radiación solar. La intensidad lumínica tiene una alta influencia sobre la madurez de los frutos, sobre todo en el grado de dulzor. Cerca de la cosecha las radiaciones solares pueden producir golpe de sol o la quemadura solar, en los frutos expuestos. Este daño puede ser importante cuando se produce defoliación o marchitez de hojas provocada por plagas o enfermedades (ABARCA, 2017).

2.3. Fisiología de la sandía

La planta de sandía tiene un hábito de crecimiento de guía rastrera. Los tallos son delgados con vellosidades o tricomas, angulares y con hendiduras superficiales. Se pueden observar zarcillos ramificados en cada nudo a lo largo del tallo. Los tallos son ramificados y la longitud de los mismos puede alcanzar los 10 m, aunque hay variedades de tipo enano con guías de longitud reducida y ligeramente menos ramificados. Las raíces son extensas, pero no profundas, con una raíz pivotante principal y muchas raíces laterales o secundarias (FELIX y SOTO, 2017).

UGÁS *et al.* (2000) indican que los cultivares de sandía más utilizados en el Perú son: Charleston Gray, Huaralina, King of Heart, Klondije Black Seed, Peacock Improved y Sugar Baby.

2.4. Principales criterios para la elección de variedades de sandía

Exigencias de los mercados de destino, características de la variedad comercial: vigor de la planta, características del fruto, resistencias a enfermedades, ciclos de cultivo y alternancia con otros cultivos. Pueden considerarse dos grupos de variedades híbridas existentes en el mercado: Variedades “Tipo Sugar Baby”, de corteza verde oscuro y Variedades “Tipo Crimson”, de corteza rayada y tiene referencia de más de cincuenta variedades de sandía, que se clasifican en función de la forma de sus frutos, color de la pulpa, color de la piel, el peso, el período de maduración, etc. (FELIX y SOTO, 2017).

2.5. Variedad evaluada en la investigación: Improved Peacock

Es una variedad que presenta resistencia a antracnosis y fusariosis vascular, tolerancia completa a la enfermedad fisiológica llamada pudrición apical del fruto y medianamente susceptible al tizón gomoso del tallo y al mildiu velludo. Su ciclo vegetativo es de 90 días (SANDIA, 2007).

Tiene fruto alargado con puntas achatadas y ligeramente acanalado a lo largo con 35 – 40 cm de largo y 23 - 25 cm de diámetro. Su peso promedio es de 8 – 9 kg. La corteza es verde oscuro y la pulpa es rojo algo anaranjado, sus semillas son pequeñas de color café. Madura entre los 97 – 100 días y tiene buena resistencia al transporte a larga distancia (ÁGUILAR, 2014).



Figura 1. Variedad Improved Peacock

2.5.1. Aspecto nutricional

La sandía es un magnífico diurético, por su elevado poder alcalinizante, favorece a la eliminación de ácidos perjudiciales para el organismo. Está formada principalmente por el 93 % de agua, por tanto, su valor nutritivo es poco importante. El color rojo de su carne se debe a la presencia del carotenoide licopeno, elemento que representa un 30% del total de carotenoides del cuerpo humano (FELIX y SOTO, 2017).

Cuadro 1. Aportes nutricionales de la sandía

Valor nutricional de la sandía en 100 g comestible		
Componentes	Cantidades	
Agua	93	(%)
Energía	25 - 37.36	(kcal)
Proteínas	0.40 - 0.60	(g)
Grasas	0.20	(g)
Carbohidratos	6.40	(g)
Vitamina A	590	(U.I.)
Tiamina	0.03	(mg)
Riboflavina	0.03	(mg)
Niacina	0.20	(mg)
Ácido ascórbico	7	(mg)
Calcio	7	(mg)
Fósforo	10	(mg)
Hierro	0.50	(mg)
Sodio	1	(mg)

Fuente: www.infoagro.com/frutas/frutas-tradicionales/sandía.htm

Cuadro 2. Características de algunas variedades de sandía

Cultivar	Peso (kg)	Forma del fruto	Medidas (cm)	Días hasta la madurez	Cáscara	Pulpa	Semilla	Resistencia	Notas
Prince Chafarles	11 a 13	Alargada	50 x 25	85	Verde claro	Roja, sabrosa, firme	Grande Moteada	Fusarium	Tipo Charleston Grey, apta para transporte largo
Mirage	11	Oblonga	30 x 20	85	Verde ligero con bandas verde oscuras	Rojo intenso, firme, dulce			Fruto de tamaño uniforme, apta para transporte largo
Cardinal	7 a 8	Redonda	24.5 x 18	80	Verde Azuladas con bandas verde claro	Rojo intermedio, suave, dulce			ideal para embalaje, buena calidad, plantas grandes pueden soportar mayor cantidad de frutos
Madera	7	Redonda	22.6 x 21	80	Verde con bandas claro oscura	Rojo intenso, dulce			Tipo Crimson Sweet, apta para transporte.
Sugar Baby	4 a 5	Redonda	20 x 20	75	verde muy oscuro, delgado	Rojo claro, muy dulce		Mildiu	Resiste sequía, apta para transporte, mercado local y jardín casero
Improved Peacock	9 a 11	Oblonga	38 x 25	90	Verde oscuro, dura	Roja	Mediana, negra		Buena para transporte.

Fuente: VALDEZ (1998)

2.6. Fertilización de sandía

CABRERA *et al.* (2000), reportan que los niveles bajos de magnesio o altas relaciones del complejo potasio-calcio versus magnesio pueden provocar la caída de hojas. Estos síntomas pueden confundirse con problemas de enfermedades. La deficiencia de calcio es también perjudicial para el cultivo, la misma puede provocar que se presente la condición conocida como pudrición de la parte distal de la fruta.

SALINAS (2015), menciona que las raíces desarrollan rápidamente y penetran hasta 180 cm de profundidad que es la humedad que debe mantener bien el cultivo en la etapa de crecimiento, luego es esencial proveer al cultivo con 5000 m³ en suelos de textura media y 6000 a 7500 m³ en suelos arenosos. Se necesita entre 400 y 700 mm de lluvia o de riego para poder desarrollar el cultivo. Así mismo ASPA (2001), afirma que la sandía requiere entre 500 y 750 mm de agua durante su ciclo vegetativo, que deben ser suministrados en 7 a 10 riegos.

CASACA (2005), indica que el agua requerida durante el ciclo del cultivo es de 38 cm (mínimo), la frecuencia de riego puede variar de 7 a 10 días, en el caso de suelos arenosos se deben continuar los riegos aún después del inicio de la maduración.

La sandía prefiere los suelos ricos en elementos fertilizantes y materia orgánica, profundos, bien expuestos al sol y de consistencia media (silíceo-arcillosos). No le convienen los terrenos fuertes (arcillosos), pues la presencia, a veces, constante de agua al aplicar riegos más copiosos perjudica a las raíces reduciéndose el desarrollo vegetativo por exceso de humedad. En los terrenos excesivamente sueltos y permeables la maduración de la sandía es más precoz,

pero con menor rendimiento. En los terrenos muy fuertes la planta tiene un crecimiento más reducido (MENDOZA, 2016).

2.6.1. Riego

CABRERA *et al.* (2000), señalan que para producir sandías de buen tamaño y calidad es necesario mantener una razón óptima de crecimiento de las plantas. Si la planta de sandía crece bajo condiciones adversas por la falta de riego las sandías pueden tener formas irregulares o deformes, más pequeñas que el tamaño comercial y su apariencia interna poco atractivos. En la etapa de floración y formación de la sandía se requiere riego a intervalos frecuentes para mantener un crecimiento vigoroso. Una vez las sandías alcanzan el tamaño adecuado, de acuerdo al cultivar utilizado, se debe reducir el riego para facilitar maduración y la acumulación de azúcares en la fruta. Regar en exceso durante la última etapa de crecimiento (después que las sandías han alcanzado los índices de cosecha) puede ocasionar hendiduras a las frutas. Por el contrario, un déficit excesivo de agua provoca escaldaduras solares.

FELIX y SOTO (2017), indican que los riegos corrigen la falta de humedad de la tierra y modifican la temperatura. No puede precisarse el número de riegos aconsejables, pues depende del cultivar sembrado, zona de cultivo, terreno, condiciones meteorológicas y sistema de cultivo, que en definitiva son los factores que van a determinar el aumento o disminución de los riesgos.

Generalmente una parte de los fertilizantes se aplica en pre-siembra y el resto mediante la fertirrigación, que permite la aportación de nutrimentos para el mantenimiento del cultivo (ALVARADO *et. al.*, 2003).

Una formulación balanceada, para hacer una solución nutritiva para el riego de las partículas es 230.5 N, 59.4 P, 229.9 K, 160 Ca, 50 Mg, 66 S, 5 Fe, 0.05 Zn, 0.05 Mn, 0.02 Cu y 0.5 B en ppm; dicha solución se aplica de tres a cuatro veces por semana, a partir de los 8 a 10 días después de que emerjan de las plántulas (ACOSTA *et al.*, 2011).

2.6.2. Fertiirrigación

Aunque existen explotaciones en las que se realiza riegos a manta, el riego por goteo es el sistema más extendido en sandía en invernadero, con aporte de agua y nutrientes en función del estado fenológico de la planta, así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.). Este último método es el que se emplea en cultivos hidropónicos, y para poder llevarlo a cabo en suelo o en invernadero, requiere la colocación de sondas de succión para poder determinar la composición de la solución del suelo mediante análisis de macro y micronutrientes, CE y pH (ECHE, 2008).

2.6.3. Extracción de nutrientes

Para el cultivo de sandía ECHE (2008), señala en el (Cuadro 3) extracciones (Kg/ha) para una producción de 40-60 t_{ha}⁻¹.

Cuadro 3. Extracción de nutrientes para cultivo de sandía

Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio
150-250	150	250-450	25-30

Los fertilizantes de uso más extendido son los abonos simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico,

fosfato monopotásico, fosfato diamónico, sulfato potásico, sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico, ácido nítrico), debido a su bajo costo y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva (GUZMÁN, 2014).

GALIANO y CHAFUELAN (2007), sostienen que para obtener rendimientos de 20 a 50 t/ha⁻¹, el cultivo hace las siguientes extracciones de nutrientes por tonelada de cosecha: 3 a 4 kg de N; 4 a 5 kg de K₂O y 1 a 2 kg de Mg. Asimismo recomienda la siguiente fertilización; 80 a 300 kg de N/ha; 60 a 200 kg de P₂O₅/ha y 80 a 400 kg de K₂O/ha.

VIZA (2010), reporta en las curvas de absorción de nutrimentos en melón (*Cucumis melo*) y sandía (*Citrullus lanatus*), encontrando que el cultivo de sandía para obtener una producción de 44 toneladas métricas de sandía por hectárea se consumen del suelo 108 Kg Ca, 89 Kg K, 57 Kg N, 23 Kg Mg y 8 Kg P; sin embargo, los elementos que más se consume en el fruto son: potasio 56% y fósforo 50%. En sandía los momentos de máxima absorción coinciden con la emisión de guías e inicio de floración 33 - 40 días después de la siembra (dds) y después de la máxima floración e inicio de llenado de frutos (45 - 50 dds). El 60% del N se consume antes de los 40 dds; el P sufre una absorción más gradual y el K se consume más tardíamente que en melón (a los 45 dds sólo se ha consumido el 35%).

GARCÍA (2004), señala que las extracciones para producciones de 15 - 20 t/ha⁻¹ de sandía, pueden estimarse aproximadamente en: 50 - 60 Kg de N, 20 Kg de P y 100 Kg de K₂O. Se recomienda una fertilización para cultivos forzados: nitrógeno 180 - 300 Kg, fósforo 120 - 220 Kg de P₂O₅ y potasio de 200 - 400 Kg de K₂O/ha.

2.7. Requerimiento nutricional

El desarrollo vegetativo que ocupa algo más de la mitad del ciclo vegetativo es el período en el que se acumulan mayor cantidad de elementos, siendo no obstante los periodos críticos los de floración y cuajado del fruto, manteniéndose el nivel de absorción a lo largo del crecimiento del fruto (GARCÍA, 2004).

2.7.1. Absorción de nutrientes

La sandía presenta un comportamiento similar al cultivo del melón, con la deficiencia de nitrógeno la planta presenta una coloración de amarillo - verdosa a amarilla. Sus síntomas aparecen en las hojas basales, moviéndose de abajo a arriba. El crecimiento de la planta se paraliza y el tamaño de las hojas se reduce. Un exceso de nitrógeno provoca un aumento de vegetación, afectando de manera muy directa a la floración. Cuando las relaciones N/K son elevadas se observa una clara disminución en el contenido de azúcares en el fruto, llegando a bajar de 12 a 9 grados de azúcar. Por consiguiente, ocasiona una pérdida de calidad en éstos (GARCÍA, 2004).

VIZA (2010), menciona que el nitrógeno (N) es esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta y es el elemento usado por la mayoría de las plantas. Es un importante elemento constituido de proteínas y desempeña una función crítica en el engranaje bioquímico de las células. Además de una reducción en rendimientos, los niveles de nitrógeno bajos generalmente conducen a menor contenido proteico y calidad inferior en las hortalizas cosechadas. Un contenido alto de nitrógeno puede resultar cambios en la composición, tales como reducción en contenido de ácido ascórbico (vitamina

C), bajo contenido en azúcar, baja acidez y alteraciones en las relaciones de aminoácidos esenciales. Asimismo, agrega que la sandía debe disponer de fósforo y nitrógeno para su crecimiento y fructificación. El potasio ayuda a la producción de frutos más resistentes. El fósforo debe ser incorporado al suelo antes o durante la siembra. El nitrógeno debe aplicarse durante los primeros 40 días de cultivo. En lo que se refiere a calidad de frutos, se han registrado incrementos en el contenido de azúcar, disminución de la acidez y alteraciones del color, asociados a niveles altos de P. En cuanto a los niveles altos de K, se han asociado frecuentemente con el mejoramiento de la calidad de cultivos de hortalizas, tales como el aumento en el contenido de vitamina C, aumento de la acidez titulable y mejoramiento del color. También se ha asociado los niveles altos de K en fertilización con una disminución de la maduración irregular en tomate.

2.7.2. Nitrógeno

GARCÍA (2004), indica que el nitrógeno se encuentra en la planta cumpliendo importantes funciones bioquímicas y biológicas. Es un elemento muy móvil. El nitrógeno una vez en el interior de las células pasa a constituir las bases nitrogenadas para las distintas funciones fisiológicas. El nitrógeno ingresa en la formación de los aminoácidos, luego éstos entran en la síntesis de los prótidos y las proteínas del vegetal, constituyendo un elemento plástico por excelencia. El nitrógeno se halla en la formación de las hormonas, de los ácidos nucleicos y de la clorofila.

ANDRADE y CEDEÑO (2009), manifiestan que el nitrógeno es esencial para el crecimiento de la planta; es necesario para la síntesis de la

clorofila y como parte de la molécula de la clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. La carencia de nitrógeno y en consecuencia la carencia de clorofila no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis, pierde la habilidad de ejecutar funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El exceso de nitrógeno determina el crecimiento del índice foliar de las hojas. El nitrógeno es muy móvil por el floema y se transporta progresivamente hacia las hojas más jóvenes o ápices en crecimiento, son generalmente las hojas basales, las más viejas, las que exhiben en primer lugar los síntomas de deficiencia. Se anticipa la senescencia y las hojas tienden a secarse, quedando con coloraciones claras. La clorosis y la desecación avanzan, generalmente, desde el ápice a la base de las hojas. La abundancia nitrogenada origina plantas muy suculentas, con pocas partes leñosas, disminución muy marcada en el desarrollo de raíces con un amplio desarrollo vegetal aéreo. Las hojas toman un color verde muy oscuro y la maduración se retrasa. Las raíces absorben el N bajo dos formas, la nítrica y la amoniacal, factores como la edad de la planta, la especie, el pH del suelo, etc., determinan la absorción de una u otra forma. En la mayoría de los suelos las plantas toman el N fundamentalmente en forma de nitrato.

1. Fuentes de nitrógeno

a). Nitrato de calcio $[\text{Ca} (\text{NO}_3)_2]$

La concentración de nitrógeno total es de 15 a 16 %. La forma del nitrógeno es nítrica, posee calcio en una buena cantidad, cuya acción floculante mejora la estructura del suelo. Es una sal muy soluble en agua y con un alto grado de higroscopicidad presentando serios problemas de

aterronamiento si no está protegida de la humedad y, sobre todo, si su forma es en polvo. Es aconsejable su presentación en gránulos. Es una sal de rápida utilización por las plantas, con propiedades mejoradoras del suelo y con una leve reacción alcalina (GARCÍA, 2004).

2.7.3. Potasio

El melón y la sandía tiene una demanda muy alta de potasio y absorben tanto o igual o más que nitrógeno. Una de las funciones principales del potasio en el crecimiento de las plantas es la traslocación de los carbohidratos recién formados por la planta. Esto hace el potasio esencial en el movimiento de los azúcares producidos en las hojas durante la fotosíntesis. Por otra parte, la falta de potasio puede disminuir en 35% en flores hermafroditas. En condiciones de humedad relativa elevada, el potasio disminuye significativamente los riesgos del rajado del fruto, aumentando también el peso de los mismos. Además, está comprobado que el potasio aumenta la resistencia a la sequía, así como el ataque de plagas y enfermedades (BARREDA, 2015).

El potasio es absorbido por las plantas en su forma catiónica, K^+ . El K es un activador en gran cantidad de procesos, los cuales son necesarios para la conservación del estado del agua de la planta y de la presión de la turgencia de las células, así como para la apertura y el cierre estomático (AZABACHE, 2003).

El K desempeña un papel importante como el elemento antagónico del N, el exceso de K disminuye la absorción de Ca, Mg y Cu, mientras que su escasez aumenta la asimilación de dichos elementos. Estos antagonismos tienen lugar en el sentido expresado, pero no son recíprocos (ARDON, 2015).

El potasio interviene fisiológicamente en los siguientes procesos: Síntesis de azúcar y almidón, traslado de azúcares, síntesis de proteínas (en las uniones peptídicas de las mismas), interviene en la estimulación enzimática, en la neutralización de la acidez del citosol y de los cloroplastos provocado por aniones orgánicos e inorgánicos, en la fotosíntesis interviene en el mantenimiento de la estructura fina de los cloroplastos, en la activación de la enzima Rubisco y en la inhibición de la respiración y la regulación de los movimientos estomáticos, donde el intercambio de protones por potasio en las células oclusivas determina en la vacuola una acumulación de sustancias con componente osmótica que disminuye el potencial hídrico y resistencia de los vegetales a la tensión hídrica, al aumentar el suministro de potasio aumenta el contenido de agua y la turgencia de las plantas (ANDRADE y CEDEÑO, 2009).

FELIX y SOTO (2015), mencionan que el K estimula la actividad de la invertasa, peptasa y catalasa, mueve la formación y translocación de azúcares y da resistencia a enfermedades. El K es absorbido por las raíces en forma elemental (K^+), y dentro de la planta es un elemento movilizado desde las hojas más viejas hacia las más nuevas. La falta de K en la planta reduce el porcentaje de sacarosa y una cantidad excesiva del mismo aumenta el contenido de almidón. El K disponible en forma inmediata se encuentra en la solución del suelo, el potasio no se mueve mucho en el suelo, a diferencia de otros nutrientes, el potasio tiende a permanecer en el lugar donde se coloca el fertilizante. Si el potasio llega a moverse lo hace por difusión, lento y a corta distancia en las películas de agua que rodean las partículas de suelo. Las condiciones de sequía hacen a este movimiento aún más lento. Las raíces de los cultivos por lo general

entran en contacto con menos del 3% del suelo en el cual crecen; de modo que el suelo debe estar bien suplido de potasio para asegurar la disponibilidad de potasio en cada etapa de su desarrollo.

BARREDA (2015), menciona que una nutrición adecuada de potasio también se ha asociado con un aumento en el rendimiento, tamaño de la fruta, incremento en el contenido de sólidos solubles y concentraciones de ácido ascórbico, mejor color de la fruta, el aumento de la vida útil y la calidad del envío de muchos cultivos hortícolas.

2. Fuentes de potasio

El potasio elemental no se encuentra en estado puro en la naturaleza debido a su alta reactividad. Los depósitos de potasio se presentan como yacimientos de sales sólidas debajo de la superficie de la tierra y en salmueras de lagos muertos u océanos. El potasio es extraído de varios minerales, siendo la Silvinita, Silvita y Langbeinita los más importantes (FELIX y SOTO, 2015).

La silvinita está básicamente compuesta de cloruro de potasio (KCl) y Cloruro de Sodio (NaCl) con un contenido de K_2O entre el 20 y 30%. La silvita está compuesta principalmente de KCl con un contenido de K_2O de casi el 63 %. La langbeinita está compuesta mayormente de sulfato de potasio (K_2SO_4) y sulfato de magnesio ($MgSO_4$) con un contenido aproximado de K_2O del 23 %. (Las salmueras que contienen Potasio están formadas por 2/3 de agua y contienen sólo un 3 % de K_2O) (FELIX y SOTO, 2015).

3. Fertilizantes potásicos

b). Nitrato de potasio (KNO_3)

ARDON (2015), señala que la riqueza en nitrógeno total es del 13% y su contenido de potasio es elevado, alcanzando el 44 y 45%. Es considerado un fertilizante complejo binario, pues posee dos macroelementos, N y K, en una buena proporción. Sus características son similares a las del nitrato de calcio. Aporta al suelo un elemento importantísimo como es el potasio. Su reacción en el mismo tiende a ser acidificante con un índice de acidez de 26.

Características químicas

No acidifica el suelo, por el contrario, neutraliza la acidez. No se volatiliza en forma de amoníaco. El Nitrato de potasio no contiene ni genera amonio, por lo que no está expuesto a pérdidas por volatilización en forma de amoníaco (ARDON, 2015).

Compatibilidad

Compatible con la mayoría de los fertilizantes. Su humedad crítica relativa (30 °C) se reduce en mezclas con nitrato de calcio (31%), nitrato de amonio (60%), nitrato de sodio y urea (65%) (ARDON, 2015).

Comportamiento en el suelo

Fuente de potasio libre de cloro. Aporta dos elementos esenciales en la nutrición de la planta: Nitrógeno de alta y rápida disponibilidad, y potasio. Puede aplicarse en todos los suelos y en todos los cultivos. Sal neutra; no altera el pH del suelo (GARCÍA, 2004).

4. Deficiencia de potasio

La deficiencia en potasio afecta a procesos como la respiración, la fotosíntesis, síntesis de clorofilas y el contenido en agua de las hojas. La máxima concentración de potasio se halla en las zonas meristemáticas en división de las plantas y se ha sugerido que es esencial para la activación de enzimas involucrados en la formación de enlaces peptídicos. La acumulación de glúcidos debida a la deficiencia de potasio se explicaría entonces debido a la inhibición de la síntesis proteica que queda afectada a diversos niveles, incluso por las necesidades de potasio para la síntesis de nitrorreductasa y para su activación (GARCÍA, 2004).

Aunque la deficiencia de potasio reduce la fotosíntesis y aumenta la respiración, generalmente se comprueba que se produce una acumulación de almidones y azúcares en las plantas cuando surge la deficiencia de potasio. Es probable que la acumulación se deba a que la restricción en el uso de carbohidratos para producir nuevas proteínas y nuevos tejidos más grave que la restricción en la producción neta de carbohidratos. Los síntomas de la carencia de potasio aparecen en el borde de las hojas viejas, presentando una decoloración que aumentará hasta necrosarse conforme aumenta la carencia. Esta se desplaza desde las hojas viejas a las jóvenes. La planta disminuye su crecimiento y se aprecia un acortamiento en los entrenudos. A nivel de fruto se puede ver un aumento de la cavidad de éstos y una disminución en el contenido de azúcares. Asociado a la carencia de potasio puede observarse un aumento en los contenidos de nitrógeno foliar. Esto puede inducir problemas de tipo fúngico (GARCÍA, 2004).

2.7.4. Calcio

El calcio es absorbido por las plantas en su forma catiónica Ca^{++} y es parte constituyente de las sales en la solución del suelo. En el interior de la planta es un elemento poco móvil interviniendo en la formación de los pectatos de calcio de la laminilla media de las células que intervienen en el proceso general de absorción de elementos (CHÁVEZ *et al.*, 2006).

El calcio es añadido al suelo, principalmente, por sus características físicas y químicas, es decir por la capacidad floculante que agrega a las partículas coloidales del suelo para una buena estructuración del mismo, y por su capacidad de regulación del pH en suelos muy ácidos mediante las técnicas de "encalado" (GARCÍA, 2004).

5. Deficiencia de calcio

La deficiencia de calcio activa la liberación de sustratos respiratorios a partir de las vacuolas. Las deficiencias de calcio afectan a las regiones meristemáticas del tallo, las hojas y la raíz que, con facilidad, mueren tempranamente; se detienen las mitosis, con lo que las hojas jóvenes presentan malformaciones, quedando con los extremos curvados hacia atrás, las raíces son cortas y pardas. Más tarde, las hojas muestran clorosis marginales y estas áreas laterales inician un fenómeno de necrosis. Al final, las hojas caen y se detiene el crecimiento del ápice. Se produce entonces la brotación de yemas laterales, a las que les ocurre lo mismo. El síntoma más característico de la deficiencia de calcio consiste en la morfología de gancho que adquieren los limbos foliares (FELIX y SOTO, 2015).

El Ca se encuentra en la materia seca, en concentraciones que van del 0.2 y el 3.0%; en algunas ocasiones aparece como oxalato de calcio en niveles excesivamente altos, aunque en forma de cristales, los cuales no aprovecha la planta. El contenido de Ca aumenta con la edad de la planta y se acumula de manera irreversible en los tejidos viejos, lo que propicia desarrolle la deficiencia en los órganos jóvenes y limite su crecimiento. Los síntomas se presentan como una necrosis en los tejidos, que puede originar fisiopatías típicas como el blossom-end rot (pudrición apical) (CHÁVEZ *et al.*, 2006).

2.7.5. Fuentes de magnesio

Sulfato de magnesio ($\text{Mg SO}_4 7\text{H}_2\text{O}$)

Sal Epsom es un sulfato de magnesio heptahidratado obtenido por cristalización de salmueras naturales seguido de una purificación a través de procesos tecnológicamente avanzados. El contenido de nutrientes es de 13 % de azufre y 16 % de magnesio. Peso molecular (g/mol): 246.47, color y forma: Cristales blancos, densidad (kg/m^3): 1,700, solubilidad: 71 g/100ml de agua a 20 °C (GARCÍA, 2004).

Compatibilidad

Compatible con la mayoría de los fertilizantes. Reacciona con sales solubles de calcio, disminuyendo la solubilidad del sulfato. Comportamiento en el suelo: Fuente de rápida liberación de magnesio (Mg^{+2}) y azufre en forma de sulfato (SO_4^{-2}). Sal neutra, pH en solución acuosa está entre 6 y 7 (GARCÍA, 2004).

2.7.6. Interacción de nutrientes

En la fertilización, hay que considerar los antagonismos iónicos que se presentan cuando uno de los antagonistas se halla muy alejado de la proporción óptima respecto al otro (Cuadro 4), estos antagonismos; explicados habitualmente debido a la competencia por los sitios de anclaje, pueden ser muy perjudiciales para la producción. La capacidad de las plantas para absorber otros elementos nutritivos está afectada por el comportamiento del potasio, calcio y magnesio (GARCÍA, 2004).

Otro tipo de interacción consiste en la competición por el lugar de absorción: por ejemplo, el NH_4 puede disminuir la absorción de K a través de la plasmalema. Asimismo, la absorción de Zn es inhibido por el aumento en la concentración de Ca en la solución y también por la presencia de K en la misma. Los diferentes cultivos hortícolas poseen elementos nutritivos, cuya absorción es paralela al ritmo de desarrollo. La interacción K/Ca tiene importancia, pues la aplicación de ambos favorece el desarrollo de raíces y hojas. La relación recíproca de K y Ca en las plantas parece ser controlada primeramente por el suministro de K- disponible en el sustrato, aunque no hay evidencia de una influencia depresiva del Ca sobre la absorción de K, hubo efecto marcado del K en reducir la absorción de Ca en las plantas (ANDRADE y CEDEÑO, 2009).

Una deficiencia inducida de calcio ha sido atribuida a altas concentraciones de Na, K o Mg en el cultivo (THOMPSON y TROEH, 2002). En altas concentraciones de las sales, por sí, inhiben la absorción de Ca. La posibilidad de interacción con temperatura, luz, aireación, humedad (NAVARRO, 2013).

La absorción de K y Mg están negativamente correlacionadas a la eficiencia en la absorción de K ha demostrado ser más alta en plántulas jóvenes, y la habilidad para concentrar K en la corriente xilemática ha sido correlacionada con la tasa de crecimiento del tallo; así mismo, la máxima tasa de acumulación de K en la planta parece depender de la alta tasa de transporte en la corriente transpiratoria (THOMPSON y TROEH, 2002).

Muchos trabajos han verificado el efecto del K en combinación con otros cationes como el calcio y el magnesio, así como la relación K/Ca y K^+Mg/Ca está asociada a la ocurrencia de algunos desordenes en la maduración del cultivo de la sandía, los cuales disminuyen cuando se incrementan las relaciones K/Ca y Ca^+Mg/K en hojas y frutos (NAVARRO, 2013).

Los cationes en la SN son el K, Ca y Mg; una parte del N se puede incluir como NH_4^+ , pero en concentraciones inferiores al 25%. La relación entre los cationes es de gran importancia, ya que, de no cuidar este aspecto, se pueden generar con relativa facilidad deficiencias de algún catión, por lo que es importante evitar no romper el balance entre ellos. La relación mutua entre cationes varía en función de la etapa de desarrollo de las plantas, lo cual implica que tienen demanda diferencial. A partir de la importancia que el K tiene en la etapa de producción de los frutos para favorecer su calidad, en ocasiones se genera desbalance entre K con Ca y/o Mg, al suministrar en la SN cantidades de K que superan 45% de los cationes, lo cual provoca deficiencias de Mg y principalmente de Ca (CHÁVEZ *et al.*, 2006).

2.8. Hidroponía

El cultivo en hidroponía es una modalidad en el manejo de plantas, que permite su cultivo sin suelo. Mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. En el sistema hidropónico los elementos minerales esenciales son aportados por la solución nutritiva. El rendimiento de los cultivos hidropónicos puede duplicar más que los cultivos en suelo (BELTRÁN y GIMENEZ, 2014).

También favorece un ahorro considerable en el uso del agua de riego en la época seca y es una técnica económica, eficiente y racional en cuanto a la aplicación de los nutrimentos minerales (sales minerales o fertilizantes). Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos; de esta forma la familia consumirá alimentos más frescos y sanos. Es importante resaltar en ese sentido la protección, que también se le da al medio ambiente con el uso de esta técnica (GUZMÁN, 2004).

2.8.1. Ventajas y desventajas de la hidroponía

a. Ventajas técnicas de la hidroponía

Balance ideal de agua, oxígeno y nutrientes; control eficiente y fácil del pH y la salinidad; ausencia de malezas, plagas y enfermedades en la raíz al menos inicialmente, eficiencia y facilidad de esterilización.

b. Ventajas económicas de la hidroponía

Mayor calidad en los productos cosechados y uniformidad, ahorro en agua y fertilizantes por kilogramos producido, Se puede usar agua dura o de cierta salinidad, mayor limpieza e higiene en los productos obtenidos, posibilidad de varias cosechas al año, altos rendimientos por unidad de superficie, Sin la limitante del suelo, puede producirse en cualquier sitio incluyendo los ambientes urbanos.

c. Desventajas de la hidroponía

Inversión inicial elevada, desconocimiento de la técnica, delicada (mucho cuidado con los detalles), falta de equipos e insumos nacionales.

2.8.2. Solución nutritiva

GUZMÁN (2004), indica que la solución nutritiva es agua, más los elementos esenciales que necesitan las plantas disueltos en ella y las burbujas de aire que permiten la respiración de las raíces. Esta es la parte fundamental de la hidroponía, ya que de ella depende, más que en los otros factores, tanto la cantidad como la calidad de la producción que se pueda obtener.

BARBADO (2005), menciona que la nutrición de las plantas en hidroponía; se brinda a través de una solución nutritiva balanceada y equilibrada que se formula a partir de un análisis de agua, la especie vegetal a cultivar, su etapa fenológica y las condiciones ambientales que se tengan. La solución nutritiva es un conjunto de sales minerales disueltas en el agua, que puede variar su proporción dependiendo de la especie y la etapa fenológica de la planta. Además, es recomendable tener en cuenta el antagonismo y sinergismo entre

los elementos (Cuadro 4). Así mismo, es importante escoger un buen tipo de fertilizante a usar y debemos conocer la riqueza del nutriente deseado (Cuadro 5).

Mientras ciertos autores apoyados en algunas investigaciones indican que no existe una solución ideal para un cultivo en particular, y que los rangos o concentraciones de nutrientes a suministrar a las especies vegetales dependen más bien de la etapa de desarrollo en que se encuentre el cultivo, de la parte de la planta a cosechar, de la calidad del agua, o de las condiciones climáticas del momento, existen; sin embargo, otros autores que han elaborado sus propias soluciones, algunas referidas a cultivos específicos, y otras diseñadas especialmente para las diferentes técnicas hidropónicas. Con ello queremos decir que es posible encontrar soluciones nutritivas ya preparadas, con diferentes niveles de sales minerales. Asimismo, de ser necesario, un productor con alguna capacitación podría elaborar su propia solución nutritiva (ALVARADO *et al.*, 2003).

Cuadro 4. Antagonismo y sinergismo entre los elementos nutritivos.

Antagonismo		Sinergismo	
Ca	Mg; K	P	Mg
K	Mg	N	Mg
N	K	K	Mn
K	B	N	P+
Cu	Fe	N	K+
P	Zn		
P	K		

Fuente: GUZMÁN (2004)

2.8.3. Preparación de la solución madre

Para los cultivos hidropónicos se desea elaborar su propia solución nutritiva, ya sea porque resulta más económico, dado que piensa producir a una escala mayor o porque considera que el cultivo o variedad específica que desea producir necesita de un rango más adecuado de las sales utilizadas, de tal manera que pueda brindarle niveles nutricionales más ajustados a las necesidades que requieren las diferentes etapas de desarrollo, y de esta forma elevar la calidad y cantidad de la producción. En general, para la medición de esos factores se requiere de equipo especializado. Por el momento, es importante mencionar ahora el porqué de la relación que debe existir entre el nitrato y el amonio en la solución nutritiva. Las plantas absorben el nitrógeno en la forma de NH_4 y NO_3^- . El NO_3^- generalmente se presenta en mayores concentraciones que el NH_4 , y es libre para moverse por las raíces por flujo de masa y difusión. En hidroponía la aportación recomendada de nitrógeno es el 90 % en forma nítrica (NO_3) y el restante 10 % en forma amoniacal (NH_4). Los estudios indican que si esta última sobrepasa el 40 % puede producir toxicidad y muerte de las raíces, es por ello que se recomienda aplicar el amonio en concentraciones pequeñas (GUZMÁN, 2014).

Por lo anterior la mayoría de los cultivos hidropónicos absorben nitrógeno en forma nítrica poco en forma amónica, la forma nítrica favorece a la elongación de raíces laterales, aquellas que mejoran la asimilación de nutrientes, por otro lado, la forma amoniacal (NH_4^+), cuando es absorbida, favorece a la formación de nuevas raíces y pasa a formar parte del metabolismo de la planta directamente. El problema viene cuando la forma amoniacal se volatiliza en forma

de amonio (NO_3^+) o se absorbe en gran cantidad, llegando a ser tóxicos para la planta cuando supera el umbral de absorción (TERRAZA *et al.*, 2012).

Además, la absorción de forma amoniacal, acidifica el medio de cultivo, y compite con la absorción de calcio y magnesio. Solo se recomienda aplicarlo en niveles mayores al 10 % en condiciones de sol brillante, cuando la actividad fotosintética es muy alta o en casos de presentarse deficiencia de nitrógeno en el cultivo. La incorporación de NH_4^+ a la SN favorece el desarrollo de frutos y semillas, por lo que el suministro de este ion es más efectivo en la etapa de maduración (GUZMÁN, 2004).

El proceso de preparación de la solución nutritiva se inicia con la proporción de las Soluciones “Madre”; de ellas se tomarán posteriormente pequeñas dosis, para ser diluidas en cantidades específicas de agua, y esta última preparación será la solución nutritiva que se aplicará a las plantas para su alimentación.

Cuadro 5. Principales fertilizantes usados en una solución nutritiva.

Fertilizante	Fórmula	%		Gramos/4 L de H_2O
Fosfato monopotásico	KH_2PO_4	55 %	P_2O_5	200
		30 %	K_2O	
Nitrato de potasio	KNO_3	46 %	K_2O	464
		13 %	NO_3	
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	9 %	Mg	428
		12 %	SO_4	
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	23,5 %	Ca	680
		16,55	N	
Ácido bórico	H_3BO_3	16,4 %	B	4
Fetrilon combi 1				20

Fuente: GUZMÁN (2004)

El Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), ha desarrollado una forma sencilla, utilizando productos que se pueden comprar fácilmente en el mercado local. Con este método se preparan 3 soluciones madre (concentradas o siropes); una denominada A con elementos mayores cuyos compuestos no reaccionan entre ellos y se mantienen disueltos en el agua; una solución B que comprende todos los elementos menores y una solución C que contiene nitrato de calcio, el cual no se incluye en la solución A debido a que reaccionaría con el Sulfato de Magnesio, formando yeso, que es insoluble y por lo tanto precipitaría acumulándose en el fondo del recipiente sin ser aprovechado por las plantas (GUZMÁN, 2004).

2.8.4. Aplicación de la solución nutritiva

Según GUZMÁN (2004), es importante respetar los rangos mínimos y máximos de concentración de los elementos al aplicar en el cultivo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Niveles aceptables de cada elemento en una solución nutritiva y principales formas de absorción

Elemento	mg/L (ppm)	Peso molecular	Forma de absorción
N	150 – 250	14.01	$\text{NH}_4^+ \text{NO}_3^-$
P	20 - 60	30.97	H_2PO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^=$
K	200 - 300	39.10	K^+
Ca	120 - 200	40.08	Ca^+
Mg	30 - 50	24.31	Mg^{++}
S	50 - 100	32.06	$\text{SO}_4^=$
B	0.3 - 0.6	10.81	H_3BO_3
Cu	0.5 - 2	63.54	Cu^{++}
Fe	0.5 - 0.8	55.85	Fe^{++}
Mn	0.01 - 0.06	54.94	Mn^{++}
Mo	0.1 - 0.3	95.94	MoO_4 , HMoO_4
Zn	0.1 - 0.3	65.37	Zn^{++}
Cl	50 - 100	35.45	Cl^-
Na	<50	22.99	Na^-

Fuente: GUZMÁN (2004).

2.9. Componentes de calidad de sandía

La calidad de la fruta va a depender en la mayoría de los casos del buen manejo que se lleve a cabo en todas las prácticas del cultivo y principalmente de los factores ambientales que favorezcan el contenido de la humedad residual del suelo. En términos generales la calidad está representada por frutas de cascara fuerte y brillante, estrías oscuras bien definidas a lo largo; la pulpa de color rojo intenso cercana a la cáscara, sabor dulce y de buen peso; libre de raspado de larvas de lepidópteros (FELIX y SOTO, 2017).

BARREDA (2015), refiere que el tamaño de la sandía, la forma, las características varietales, y la presencia de defectos se utilizan para la evaluación de la calidad de la sandía. La antracnosis, decaimiento, y quemaduras de sol se consideran defectos, utilizando la zona de la corteza afectada para determinar la extensión del daño. La sandía con menos del 10 % de azúcar en la escala Brix no tiene un sabor muy dulce.

En el DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA (2004), se describen las disposiciones relativas a la calidad de la sandía. Esta norma precisa las características que deben tener las sandías una vez acondicionadas y envasadas, estableciendo las características mínimas de calidad, de madurez y la categorización de la fruta. Las sandías deben estar suficientemente desarrolladas y maduras. El índice refracto métrico de la pulpa, medido en la zona media de la pulpa del fruto y en el plano ecuatorial, debe ser igual o superior a 8 °Brix.

2.9.1. Categorías mínimas de calidad

Según el Reglamento (CE) N°1862/2004 (2004), las sandías deben tener las siguientes características deben estar enteras, sanas sin podredumbre o alteraciones que los hagan impropios para el consumo, limpias (prácticamente exentas de materias extrañas visibles), prácticamente exentas de daños causados parásitos, firmes y suficientemente maduras; el color y el sabor de la pulpa deben corresponder a un grado de madurez suficiente, no reventadas, exentas de humedad exterior anormal, exentas de olores o sabores extraños. Las sandías deben hallarse en una fase de desarrollo y un estado que les permitan aguantar el transporte y la manipulación, y llegar en condiciones satisfactorias al lugar de destino.

2.9.2. Grados de calidad de sandía

Cuadro 7. Factores de calidad de la sandía

Factores de calidad	Extra	Primera	Segunda
Peso	5000 g a más	5000 g o menos	-
Tolerancia	Se permite hasta 5 % de rango inmediato inferior al indicado	Se permite hasta 10 % de rango inmediato inferior al indicado	-
Forma	Bien formado	Se permite ligeras deformaciones	Se permiten deformaciones

Fuente: SANDIA (2007)

2.10. Sólidos totales (grados Brix)

La escala Brix se utiliza en el sector de alimentos, para medir la cantidad aproximada de azúcares en zumos de fruta, vino o líquidos procesados dentro de la industria agroalimentaria ya que en realidad lo que se determina es el

contenido de sólidos solubles totales, los técnicos siempre hacen referencia al contenido de azúcares para hacer un seguimiento in situ en la evolución de la maduración de frutos y su momento óptimo de recolección. Los frutos de sandía deben presentar sólidos totales superiores a los 10 °Brix (DOMENE, 2014) y (GIRÓN, 2015).

Los sólidos totales incluyen toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido, contenido en una gran cantidad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en proceso de tratamiento. Los sólidos totales se definen como la materia que permanece como residuos después de la evaporación y secado a 103 – 105 °C, ya que pueden retener aguas de cristalización y también algo de agua ocluida (CARPIO, 2007).

Esta característica es muy importante porque indica la concentración de azúcares. Cabe mencionar que esto depende no sólo del potencial genético del cultivar; también influye el manejo agronómico, como afirma VALDEZ (1998), es recomendable disminuir los riegos en la maduración de los frutos para que se concentren los azúcares.

VIZA (2010), indica en su investigación influencia de cuatro niveles de fertilización nitrogenada y potásica en el rendimiento de sandía de la variedad Santa Elena en Tacna – valle Moquegua con una concentración sólido soluble de 10.10 °Brix.

2.11. Trabajos de investigación

TICAHUANCA (2016), menciona en su trabajo de investigación “Respuesta a la adaptación y rendimiento de tres variedades de sandía (*Citrullus lanatus* L.), Puno. Ubicado a una altitud de 620 m.s.n.m., en la selva alta. Los resultados obtenidos para el número de frutos, la variedad Crimson Sweet con 37.00 frutos, seguido de Santa Amelia con 30.67 frutos y Peacock Improved con 25.33 frutos. El mejor rendimiento y rentable fue Crimson Sweet con 37,950.62 k/ha, seguido de Santa Amelia con 37,203.70 kg/ha y Peacock Improved con 26,592.59 k/ha. En cuanto a los sólidos solubles, el más dulce fue de la variedad Santa Amelia con 12.00 Brix, seguido de la variedad Crimson Sweet con 11.30 °Brix y Peacock Improved con 10.10 °Brix.

Cuadro 8. Análisis económico por tratamiento

Rubros							
Tratamientos	Prod. Total, K/ha	Valor de venta	Costo total (S/.)	Ingreso total (S/.)	Ingreso neto (S/.)	Rentabilidad	B/C
T ₁ (Crimson Sweet)	37950.62	1.5	24,737.65	56,925.93	32,188.28	130.10	2.30
T ₂ (Santa Amelia)	37203.7	1.5	24,737.65	55,805.55	31,067.79	125.60	2.25
T ₃ (Peacock Improved)	26592.59	1.5	24,737.65	39,888.89	15,151.24	61.20	1.61

Fuente: TICAHUANCA (2016)

ARDON (2015), refiere en su investigación efecto de fuentes de potasio sobre la concentración de sólidos solubles para la variedad Mickey lee. El mejor tratamiento fue el T₁₅ (K₂SO₄ / 300 K/ha) con 16.78 °Brix, seguido del T₁₄ (K₂SO₄

/ 200 K/ha) con 15.45 °Brix, en cuanto a rendimiento, peso y tamaño de los frutos el T₁₅ (K₂SO₄ / 300 K/ha), el que presento los mejores resultados.

BARREDA (2015), señala en su investigación aplicación de fertilizantes potásicos en el rendimiento y calidad de sandía para la variedad Black Fire, evaluando cinco tratamientos, en las cuales se aplicaron diferentes dosis de potasio, asimismo las dosis de nitrógeno como de fosforo fueron las mismas para todos los tratamientos (220 de N y 184 de P₂O₅). obteniendo el mayor rendimiento y calidad de fruto con el tratamiento K₁ (220 N -184 P₂O₅ -160 Kg K₂O/ha) con 36.12 tn ha⁻¹y obtuvo el mejor contenido de solidos totales con 12.7 °Brix.

SANTILLÁN (2003), reporta en condiciones de selva, un rendimiento de 36.56 tnha⁻¹con la variedad Peacock WR60 y con la variedad Picurino sólo 24.05 tnha⁻¹, en la localidad Bello Horizonte departamento de San Martin.

DAZA (2006), estudia el comportamiento agronómico de quince híbridos de sandía en el valle del río Porto Viejo obteniendo con el híbrido Gloria Jumbo, a los 55 días una longitud de guía de 395.93 cm, y 1.81 frutos comerciales por planta; en longitud, diámetro, peso de fruto y grados Brix consiguió 41.10 cm, 19.53 cm, 6.20 kg y 10.8 % respectivamente, y rendimiento promedio de 37 890 Kg/ha.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de tesis se realizó en el vivero de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María, Facultad de Agronomía, ubicado al margen derecho del río Huallaga, Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento Huánuco, entre abril y setiembre del 2017, cuyas coordenadas determinadas en UTM con GPS navegador Garmin 12XL, son las siguientes:

Norte: 0390689 m.

Este: 8969946 m.

Altitud: 647 m.s.n.m.

Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo- premontano tropical (bmh- PT).

3.1.1 Datos meteorológicos

Cuadro 9. Datos meteorológicos registrados en la ejecución del experimento con respecto al periodo de abril-setiembre del 2017

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación	HR	Insolación
	Max.	Med.	Min.	(mm)	(%)	(horas sol)
Abril	30.9	26	21.2	204.2	83	152.5
Mayo	31	26.1	21.2	326.1	84	181.9
Junio	30.6	25.7	20.8	158.6	82	174.2
Julio	30.3	24.9	19.6	126.9	85	186.9
Agosto	31.5	25.6	19.8	152.4	83	204.7
Setiembre	31.5	26.0	20.9	221.0	82	156.3
Promedio	30.97	25.72	20.58	181.53	83.17	176.08

Fuente: Estación Experimental Meteorológica “José Abelardo Quiñones” – Tingo María

3.2. Componentes de estudio

Factor A: Sandía variedad Improved Peacock

Factor B: Dosis de potasio y calcio con relación 1:0.7

- 190 ppm K y 133 ppm Ca

- 220 ppm K y 154 ppm Ca

- 250 ppm K y 175 ppm Ca

- 280 ppm K y 196 ppm Ca

- 310 ppm K y 217 ppm Ca

3.3. Tratamientos en estudio

Las cantidades K y Ca se plantearon, debido a que se deseaba encontrar mayor rendimiento y calidad en el cultivo de sandía, utilizando como testigo los resultados obtenidos por SALGADO (2016), quien logra obtener mayor rendimiento con la relación 1:0.7 (220: 154 ppm de K/Ca); por tal razón, se incrementaron y disminuyeron las cantidades con el fin de encontrar un nivel óptimo para la fertilización del cultivo de sandía y así obtener un mayor rendimiento y buena calidad de fruto (grados Brix) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Potasio (ppm)*	Calcio (ppm)*
T ₁	190	133
T ₂ (Testigo)	220	154
T ₃	250	175
T ₄	280	196
T ₅	310	217

*La relación estudiada en la investigación, para todos los tratamientos es de 1:0.7

3.4. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar con 5 tratamiento y 10 repeticiones por cada tratamiento. Por las condiciones propias del vivero de la Facultad de Agronomía, las repeticiones estaban ubicadas uno a continuación del otro. Las características observadas fueron sometidas al ANVA por el programa SAS, y la comparación de medias con la prueba de DUNCAN con un nivel de $\alpha = 0.05$.

3.4.1. Modelo estadístico

PORRAS (2001), indica que el modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta obtenida en la j-ésima repetición sujeta a la aplicación del i-ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental obtenido en la j-ésima repetición sometida a la aplicación del i-ésimo tratamiento.

Para:

i : 1, 2, 3, 4, 5 tratamientos

j : 1, 2, ..., 10 repeticiones

3.5. Análisis de variancia

En el Cuadro 11 se presenta el esquema de análisis de variancia para un diseño experimental completamente al azar (DCA).

Cuadro 11. Análisis de variancia

Fuente de variabilidad	GL
Tratamientos	4
Error experimental	45
Total	49

3.6. Características del campo experimental

3.6.1. Parcela

N° de tratamiento	: 5
N° de repeticiones	: 10
N° de parcelas (camas)	: 5
N° de unidades exp. por tratamiento	: 10
Área total del experimento	: 150 m ²

3.6.2. Del campo experimental

N° de plantas por golpe	:1
Distancia entre golpe	:1.5 m
Distancia entre surcos	:2.0 m
Ancho de las camas de vivero	:15 m
Largo de las camas de vivero	:10 m
N° de plantas	:50

3.7. Ejecución del experimento

3.7.1. Limpieza del área experimental

Se limpió el área del experimento, las camas del vivero y calles respectivas, realizando el deshierbo manual y posteriormente antes de instalar el experimento se aplicó un herbicida sistémico, dejando listo el terreno para la colocación de las bolsas.

3.7.2. Preparación del sustrato

El sustrato utilizado fue aserrín descompuesto de madera blanca utilizándose una volquetada de dicho sustrato traído del distrito de Naranjillo. Se mantuvo en el vivero por 15 días luego se mezcló con un 100 L de melaza, removiendo uniformemente, dejando por tres días más para la mejor uniformidad de la mezcla.

3.7.3. Preparación de bolsas

El material utilizado para las bolsas fue comprado en la ciudad de Lima (15 kg de mangas), las cuales se tuvieron que cortar y sellar según las dimensiones de las bolsas a utilizar.

3.7.4. Perforación de las bolsas

Se perforaron las bolsas en la base, con un sacabocado de fierro de 1cm a una distancia de 15 cm entre perforación y perforación, contando con 12 orificios para la salida del exceso agua.

3.7.5. Llenado de bolsas

Las bolsas de polietileno de color negro con dimensiones de 80 cm x 1.20 m, se llenaron de sustrato utilizando 4 baldes por cada bolsa con un peso aproximado de 15 kilos, luego fueron llevadas a las camas y distribuidas de

acuerdo al tratamiento en estudio y con el distanciamiento establecido en el experimento.

3.7.6. Almacigo

Para el almacigado se utilizaron bandejas (50 tubetes) con, sustrato de aserrín descompuesto y bien esterilizado, luego se desinfecto la semilla con Mancozil y Metalaxil. se colocó una semilla en cada tubete cubriéndole con periódico y dejándole por 15 a 20 días aproximadamente con 50% de sombra. Al cuarto día de colocar la semilla empezó la germinación observando dos hojas (estado mariposa) uniformes en toda la bandeja; a los 10 días tenían dos hojas verdaderas uniformes en todas las plantas y se llevaron al trasplante cuando las plantas presentaron 4 hojas verdaderas y un diámetro de tallo de 0.5 a 0.6 mm.

3.7.7. Trasplante a las bolsas

Para el trasplante a las bolsas previamente se hizo un hoyo de 1cm de profundidad con el dedo, asimismo se retiraron las plántulas de la bandeja con bastante cuidado evitando dañarlas, para luego ponerlas en los hoyos que se hicieron en el centro de las bolsas, y apretándolos ligeramente, para evitar la presencia de bolsas de aire. Después se regaron todas las plantas uniformemente con solución (inicio), utilizando un balde ocho litros. Se Mantuvo aproximadamente 15 días con 50 % de sombra para luego retirar la malla y posteriormente mantener a pleno, luz del día hasta culminar su periodo vegetativo.

3.8. Frecuencia de riego

Al momento del trasplante se realizó un riego uniforme a todas las plantas aproximadamente de ocho litros de agua/planta. Posteriormente se aplicó la

solución nutritiva preparado, para cada tratamiento. La cantidad de solución aplicados en cada planta se hizo en horas de 8 am y 1 pm regando dos litros/día/planta, durante los primeros 30 días utilizando un balde y una jarra milimetrada para el riego, posteriormente se aplicaron cuatro litros/día/planta, durante 30 días y finalmente se aplicó seis litros/día/planta hasta terminar su periodo vegetativo.

Finalmente, el gasto de solución nutritiva por planta fue de seis litros/día/planta teniendo un total de 50 plantas, utilizando 300 litros de solución diarios. El ciclo vegetativo del cultivo de sandía es 130 días; y la planta al inicio hasta antes de la floración su gasto de agua es menor y en la etapa de floración el gasto de agua es mayor hasta su cosecha, por ello que se requiere regar dos veces al día.

3.9. Inicio de fertilización

La cantidad de fertilizante que se utilizaron durante los primeros 20 días, se aplicó a través de la siguiente fórmula (ppm):

Cuadro 12. Formulación de fertilizantes para el inicio del experimento

N	P	K	Ca	Mg	S
204	50	180	120	50	66

Al momento de realizar el trasplante a campo definitivo; es decir las plantas sembradas en las bolsas, se hizo una formulación para 20 días; para su asimilación de los nutrientes. Los 110 días restantes se aplicaron las soluciones nutritivas de acuerdo a lo planteado en la investigación (Cuadro 10) para cada tratamiento hasta terminar su ciclo vegetativo.

Solución nutritiva/1 m³

$$\text{MgSO}_4 = 576.32 \text{ g} \times 30 = 17.289 \text{ kg}$$

$$\text{Ca} (\text{NO}_3)_2 = 907.56 \text{ g} \times 30 = 27.227 \text{ kg}$$

$$\text{KNO}_3 = 426.79 \text{ g} \times 30 = 12.804 \text{ kg}$$

$$\text{KH}_2\text{PO}_4 = 191.22 \text{ g} \times 30 = 5.737 \text{ kg}$$

Estas cantidades solamente son para 1m³ como en toda la campaña haremos uso de 30 m³ de agua se deberán multiplicar por 30 y así obtendremos la cantidad de fertilizante a usar en el presente trabajo de investigación.

Formulación de las soluciones nutritivas

Para preparar la solución nutritiva se usó la formulación indicada en el (Cuadro 13).

Cuadro 13. Formulación de fertirrigación de sandía durante el experimento

N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Cu	Zn	B	Mo
(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
230	65	*	*	57	75	0.5	1.5	0.1	0.2	0.6	0.05

* La cantidad de K/Ca fue de acuerdo a los tratamientos en estudio.

3.10. Preparación de solución nutritiva para tratamientos

Se utilizó productos sólidos solubles (Cuadro 14), durante los primeros 20 días para una fertilización uniforme a todos los tratamientos. Los fertilizantes se llenaron en unos baldes para evitar el contacto entre ellos. Para la preparación de la solución nutritiva por tratamiento se disolvieron en un balde aparte el Ca (NO₃)₂. Posteriormente en un cilindro de 150 litros se prepararon la solución nutritiva para cada tratamiento, incorporando primero el ácido fosfórico en la mitad de agua, seguido de los microelementos y el resto de fertilizantes, ya

enrazando el cilindro con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, para evitar la incompatibilidad de los productos y la volatilización de algunos.

Cuadro 14. Fertilizantes para la preparación de la solución nutritiva

Fertilizante	Fórmula	Fuentes
Urea	$\text{NH}_2 \text{ CO } \text{NH}_2$	N (46 %)
Fosfato de amonio	$\text{NH}_4 \text{ HPO}_4$	N (12 %); P (61 %)
Cloruro de potasio	KCl	K (60 %)
Nitrato de potasio	KNO_3	N (46 %); K (13 %)
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	N (15 %); Ca (27 %)
Sulfato de magnesio	$\text{SO}_4 \text{ Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg (16 %) Mn (4.0 %), Fe (4.0 %), Cu (1.5 %), Zn (1.5 %), B (0.5 %)
Fertrilon combi 1	*	Mo (0.1 %)

3.11. Control de plagas y enfermedades

Para el control de las enfermedades en el cultivo de sandía se utilizaron algunos productos como: la aplicación de fungicida (Carbendazin, Metalaxil y Mancozeb) para el control de manchas en las hojas, amarillamiento, necrosis en los costados y centro de las hojas. Aplicación de fungicida en pasta (Clorotonil, Dimentomoph), para presencia de rajaduras en el tallo de la planta; la cual puede ocasionar que ingrese algún tipo de hongos o bacterias que dañen a la planta. Aplicación de insecticidas (Imidacopril) para la presencia de insectos, que ocasionan defoliación en las hojas. Aplicación de fungicida (Fitoraz, Carbendazin, Azoxystrotr) para pudrición de frutos (botritis).

3.12. Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual, existen varios métodos de identificar que el fruto está maduro; de la forma tradicional observado que el zarcillo del fruto este seco de un color marrón a medida que va secando, al golpear el fruto con los dedos produce un sonido hueco, y cuando la fruta está en contacto con el suelo cambia de color blanco pálido a amarillo brillante. Realizando 3 cosechas cada 15 días en promedio, utilizando costales para trasladar los frutos al almacén con cuidado y evitando golpearlas, recolectando aproximadamente de 2 a 3 frutos por planta durante las tres cosechas.

3.13. Variables para evaluar

3.13.1. Número de frutos

Se contaron todos los frutos recolectados en cada tratamiento cosechados, teniendo en cuenta que por planta se pudo recolectar de 2 a 3 frutos. De modo que los frutos con daños ya sean por enfermedad y/o daños del ambiente mismo, también se contó para obtener la cantidad general de frutos totales por parcela.

3.13.2. Diámetro de fruto

Para evaluar el diámetro y longitud de fruto, se realizó de cada cosecha escogiendo frutos al azar de cada planta. Utilizando una cinta métrica para medir la circunferencia del fruto y observando la forma del fruto.

3.13.3. Longitud de fruto

La evaluación en esta característica se realizó en cada cosecha, consistió en evaluar la longitud de fruto escogiendo 5 frutos al azar por planta de cada tratamiento. Se midió desde la base del fruto hasta la parte final del fruto

(ápice), se empleó el uso de una regla (cm) y dos tutores que sirven de ayuda para realizar las mediciones del fruto colocando en la base y el ápice del fruto.

3.13.4. Peso de fruto

Para el peso de fruto se utilizó una balanza electrónica digital. Transformando los datos en kg/ha, para determinar el rendimiento promedio por hectárea, teniendo un peso total de frutos por tratamiento; T₁ (111.10 kg), T₂ (68.62 kg), T₃ (117.31 kg), T₄ (105.23kg) y T₅ (162.37 kg) en 30 m² por tratamiento con distanciamiento de 1.5 x 2 m con un total de 3334 plantas/ha. Se pesaron todos los frutos sin excepción alguna. Es decir, frutos malos y buenos para luego seleccionar los frutos maduros comercialmente.

3.13.5. Sólidos solubles (Grados Brix)

Se hicieron lectura de una porción de pulpa del centro del fruto para realizar la evaluación de grados Brix, con la ayuda de un refractómetro manual del Laboratorio de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNAS, se escurrió el jugo de pulpa para luego vaciar unas gotas al refractómetro. Escogiendo 5 frutos cosechados al azar de cada tratamiento.

3.13.6. Análisis de rentabilidad

La evaluación de la rentabilidad de los diferentes tratamientos en estudio se realizó por el método de análisis comparativo de ingresos y costos de producción. El índice de rentabilidad (B/C) en cada tratamiento, se determinó mediante la siguiente formula:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingresos brutos}}{\text{Costo de producción}}$$

- **Rentabilidad**

Si queremos saber cuánto ganamos por cada sol invertido, en el tiempo que se produce estamos hablando de rentabilidad, para lo cual dividimos el ingreso neto entre el costo total, podemos expresarlo en unidades monetarias o porcentaje.

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingreso neto}}{\text{Costo total}} \times 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de los parámetros estudiados en el experimento

Cuadro 15. Análisis de variancia de los parámetros evaluados en el experimento

Fuente de variación	GL	Número de frutos			Diámetro de fruto			Longitud de fruto			Peso de fruto		
		SC	CM	Sig.	SC	CM	Sig.	SC	CM	Sig.	SC	CM	Sig.
Tratamiento	4	5.320	1.330	NS	187.212	46.803	NS	308.972	77.243	NS	76.214	19.053	*
Error experimental	45	49.400	1.098		1642.14	36.492		2276.875	50.597		286.779	6.373	
Total	49	54.720			1829.35			2585.847			362.993		
CV		56.95 %			34.24 %			27.69 %			40.26 %		

NS: No significativo

*significativo ($p < 0.05$)

El análisis de variancia (Cuadro 15), para los parámetros estudiados, solo se registró diferencias significativas ($p < 0.05$), en la variable peso de fruto.

Cuadro 16. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los parámetros evaluadas en el experimento

Clave	Tratamientos	Número de frutos /planta	Diámetro de frutos (cm)	Longitud de fruto (cm)	Peso de fruto (Kg)
T ₁	190 ppm K/133 ppm Ca	2.00 a	19.53 a	22.30 a	4.47 b
T ₂	Testigo (220 ppm K/154 ppm Ca)	1.70 a	20.12 a	23.20 a	5.09 ab
T ₃	250 ppm K/175 ppm Ca	1.60 a	22.53 a	26.63 a	7.42 a
T ₄	280 ppm K/196 ppm Ca	1.50 a	23.30 a	28.40 a	7.19 a
T ₅	310 ppm K/217 ppm Ca	2.40 a	24.68 a	27.92 a	7.18 a

* Letras iguales no existen diferencias significativas

* Letras diferentes si existen diferencias significativas

En el Cuadro 16 y Figura 2, según la prueba de Duncan ($p<0.05$) sólo se registró diferencia significativa en la variable peso de fruto, siendo los tratamientos T₃ (250 K y 175 Ca), T₄ (280 K y 196 Ca) y T₅ (310 K y 217 Ca), superiores al tratamiento T₁ (190 K y 133 Ca). Por lo demás, las otras variables sólo registraron diferencias numéricas.

Una de las posibles razones por la cual no se registró diferencia significativa entre los tratamientos en estudio puede deberse a que, la menor dosis de K y Ca del T₁ (190 K y 133 Ca) usados en el presente estudio, ya eran valores altos, que

Pudieron ser suficientes para la obtención del mayor número de frutos. Mayores dosis que estas, sólo generaron, posiblemente, un consumo de lujo, donde las plantas no lo aprovechan para asimilarlo adecuadamente y generar mayores frutos por planta (MÉNDEZ y MOLINA, 2002).

Por lo anterior el mayor número de frutos registrados en T₅ (310 K y 217 Ca), puede justificarse a las mayores dosis de K y Ca aplicadas, el cual, a su vez, generó un incremento del número de frutos por planta, además de ello, las condiciones del vivero no fueron las adecuadas por lo que, la distribución de las camas no fue uniforme para todos los tratamientos, de manera que, el tratamiento T₅ se ubicó en la cama más ancha y en el centro del área; teniendo un mayor aprovechamiento de los recursos luz, temperatura, etc., alcanzando un mayor desarrollo de las guías por ende un mayor número de frutos en el tratamiento.

Los números de frutos obtenidos en el experimento son similares a los registrados por ANDRADE y CEDEÑO (2009), quienes trabajaron con sandia Var. Charleston Grey, en Ecuador bajo sistema de riego con dosis de (N₁₅₀ y P₆₀ + Humilig), obtuvieron 2.50 frutos comerciales por planta, además DAZA (2006), indica para la Var. Gloria Jumbo 1.81 frutos comerciales por planta.

SÁNCHEZ (2016), trabajando en condiciones de vivero, en la Ciudad de México, con sandía, Var. Improved Peacock, y fertilización de 184 N, 74 P, 242 K₂O, 184 Ca, 6 Mg, 38 S (en Kg/ha), obtuvieron 1.0 fruto comercial por planta. Asimismo, ÁGUILAR (2014), en México, para condiciones de invernadero utilizando material genético híbrido Sumer flaver # 800, aplicando fertilización química y compostaje obtuvieron 2.0 frutos comerciales por planta. Sin embargo,

en condiciones de Tingo María, con relación Ca/K (1:1) para la Var. Odem, se obtuvo 4.0 frutos comerciales por planta (SALGADO, 2016), de igual manera SANTILLÁN (2003), en Bello Horizonte Provincia San Martín para condiciones de campo con Var. Improved Peacock obtuvo 4.83 frutos comerciales por planta. Como se observa, el número de frutos comerciales por planta obtenidos en diversos trabajos de investigación es muy variable, dependiendo principalmente de los factores edafoclimáticos y variedad genética usadas.

Según CÁRDENAS (2001), la floración y el cuajado de frutos, está en función a la adaptación de la sandía al clima, y a las condiciones de humedad del medio, ya que esta prospera mejor cuando coinciden los tiempos soleados y secos, pero con suficiente humedad en el suelo; en zonas con demasiada humedad, la fructificación y calidad de frutos son muy bajos. Asimismo, RECHE (2008), indica que el número de frutos por planta es un parámetro que está relacionado con la producción total. Pero esto no siempre se relaciona con mayores rendimientos.

Para diámetro de fruto en el Cuadro 16 y Figura 2, según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) no se presentaron diferencias estadísticas significativas; para los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T₅ (310 K y 217 Ca) con promedio de 24.68 cm, muestran diferencias numéricamente superior a los tratamientos T₄ (280 K y 196 Ca), T₃ (250 K y 175 Ca), T₂ (220 K y 154 Ca) y T₁ (190 K y 133 Ca), con 23.30, 22.53, 20.12 y 19.53 cm respectivamente, además de que, el tratamiento T₁ (190 K y 133 Ca), obtuvo el menor diámetro de frutos (21.15 cm).

Posiblemente se debe a que, como explicado anteriormente el tratamiento T₅ tiene la cama más ancha y una mayor fertilización de potasio y

calcio, debido a ello, logro alcanzar un mayor diámetro de frutos de 24.68 cm, además de consideran que podría tener un consumo de lujo con esta dosis.

No obstante, ZACCARIS *et al.* (2002) afirma que gracias a la plasticidad que se les adjudica a las especies del género cucúrbita, la planta puede incrementar o disminuye el diámetro de fruto por planta, para compensar los espacios de siembra.

Por consiguiente, los resultados obtenidos en la investigación, para todos los tratamientos, fueron superiores a lo reportado por VÁSQUEZ (1978) y TICAHUANCA (2016), quienes trabajando con la var. Improved Peacock, tanto en el Valle de la Fragua, Guatemala, como en el Valle de San Gabán, Puno; registraron valores de diámetro de frutos de 15.80 cm y 18.94 cm, respectivamente, cuando evaluaron la adaptabilidad y rendimiento de esta variedad. Por otro lado, VALDEZ (1998), en el Valle de Mala, Cañete registró valores de 25.61 cm de diámetro de frutos, superiores a los registrados en la investigación.

Asimismo, ÁGUILAR (2014) refiere que esta variable está íntimamente relacionada con las características genéticas de la variedad, y con las condiciones climáticas a la que se encuentre expuesta el cultivo durante su desarrollo vegetativo.

Para longitud de fruto en el Cuadro 16 y Figura 2, según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se registró diferencias numéricas entre los tratamientos, siendo el T_4 (280 K y 196 Ca) superior a los tratamientos T_5 (310 K y 217 Ca), T_3 (250 K y 175 Ca), T_2 (220 K y 154 Ca) y T_1 (190 K y 133 Ca), obteniéndose valores, en

promedio, de 27.92 cm, 26.63 cm, 23.20 y 22.30 cm, respectivamente. Así también los tratamientos fueron inferiores a lo obtenido por TICAHUANCA (2016), quien registró, en promedio, valores de 29.03 cm cuando evaluó respuesta a la adaptabilidad y rendimiento de la var. Improved Peacock.

Por lo anterior, los resultados registrados fueron inferiores a los reportados por VÁSQUEZ (1978), NUÑEZ (2013) y VIZA (2010), quienes trabajando con la misma variedad de sandía; obtuvieron valores de 38.68 cm, 35.10 cm y 34.14 cm, respectivamente.

No obstante, se observa que el tratamiento T₄ (280 K y 196 Ca) obtiene una mayor longitud de fruto, esto se puede justificar, a que la planta puede incrementar o disminuir el tamaño para compensar los distanciamientos entre los espacios de siembra (ZACCARIS *et al.*, 2002).

Por su parte FELTRIM *et al.* (2011), Describen que, en cucurbitáceas las altas densidades de plantación producen un gran número de frutos por área, pero con respecto al tamaño y peso de frutos por planta se pueden ver reducidos debido principalmente a la competencia por agua luz y nutrientes.

Para la variable peso de fruto en el Cuadro 16 y Figura 2, según la prueba de Duncan ($p < 0.05$) indican que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, siendo el tratamiento T₃ (250 K y 175 Ca), el que obtuvo mayor peso de fruto con 7.42 Kg, y el tratamiento T₁ (190 K y 133 Ca), el menor peso de fruto con 4.47 Kg. Asimismo, los tratamientos T₅ (310 K y 217 Ca), T₄ (280 K y 196 Ca) y T₂ (Testigo), se comportaron estadísticamente similares.

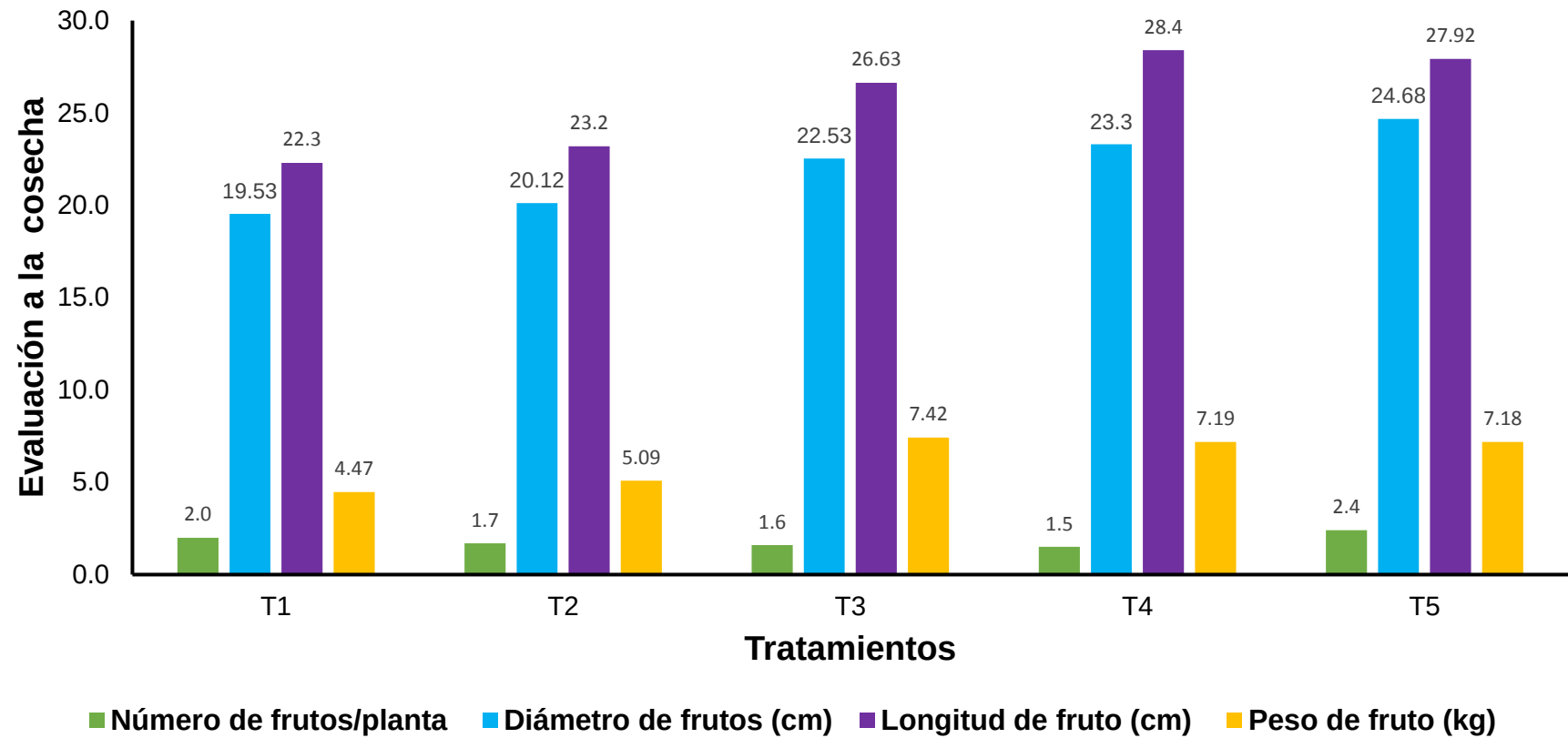
Si bien es cierto, el tratamiento T₁ registró en promedio 4.47 Kg/planta, tal vez, debido a que, la fertilización de potasio y calcio eran menores, provocando

desarrollo vegetativo excesivo, ocasionando mucha sombra para los frutos y bajo peso de fruto. CRUZ (2010) menciona que, un exceso de nitrógeno, o una relación N/K no adecuado puede ser causante del rajado del fruto por consiguiente frutos de pésima calidad. Además, los tratamientos T₃, T₄ y T₅ con peso promedio de 7.42, 7.19, 7.18 Kg/planta, serían los tratamientos con altas dosis de potasio y calcio, por lo que quizás hubo mayor aprovechamiento de los recursos agua, luz, temperatura, etc.

De lo registrado para el T₃ (250 K y 175 Ca), no coincide con lo indicado por ÁGUILAR (2014), quien menciona que, para la variedad Improved Peacock el peso promedio de frutos varía entre 8 – 9 Kg. Sin embargo, por el cual, también se pueden considerar como comerciales los resultados obtenidos en los tratamientos T₃, T₄ T₅ y T₂ (TICAHUANCA, 2016). Así también, VALDEZ (1998), quien trabajó comparando diez variedades de sandía en el valle de Mala, registrando a la variedad Improved Peacock, con peso variando entre 9 a 11 Kg. Pero, TICAHUANCA (2016), en su trabajo sobre respuesta a la adaptabilidad y rendimiento de tres variedades de sandía, registró que la variedad Santa Amelia fue el que mayor peso obtuvo con sólo 6.54 Kg/fruto, seguido de la var. Improved Peacock y Crimson Sweet con (5.63 y 5.53 Kg/fruto respectivamente), así mismo, VÁSQUEZ (1978) registró, en promedio, 3.6 Kg/fruto cuando trabajó con la variedad Improved Peacock, siendo esta incluso, menor a lo registrado en el presente trabajo con el tratamiento T₁.

GUTIÉRREZ (2009), realizando estudios en sandia bajo riego, empleando dosis de N y P (203.02 y 126.35 Kg/ha, respectivamente); reportó que la variedad Klondike obtuvo, en promedio, 7.89 Kg/fruto, en cuanto que, BARREDA (2015),

con trabajos realizados en la Provincia de Cañete, a campo libre, con la variedad Black Fire registró, en promedio, 8.72 Kg/fruto, empleando dosis de N-P-K (220, 160 y 184 K Kg/ha, respectivamente), al igual que SALGADO (2016), bajo condiciones de riego por microtúbulos, en Tingo María, con una relación de Ca/K (1/0.86), reportó, en promedio, 8.07 Kg/fruto con la variedad Odem.



T₁ = 190 ppm K/133 ppm Ca

T₂ = Testigo (220 ppm K/154 ppm Ca)

T₃ = 250 ppm K/175 ppm Ca

T₄ = 280 ppm k/196 ppm Ca

T₅ = 310 ppm K/217 ppm Ca

Figura 2. Características evaluadas en el experimento (número de frutos, diámetro, longitud, peso) de la variedad Improved Peacock

4.2. Sólidos solubles (Grados Brix)

El análisis de variancia (Cuadro 17), para sólidos totales (grados Brix) muestran que existen diferencias significativas ($p < 0.01$) para los tratamientos. Con un coeficiente de variabilidad de 13.40 %.

Cuadro 17. Análisis de variancia para sólidos totales (grados Brix)

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Significación
Tratamientos	4	5.230	1.3070	NS
Error experimental	30	35.112	1.170	
Total	34	40.342		

CV=13.40%

NS: no existe diferencias significativas

En el Cuadro 18 y Figura 3, la prueba de Duncan ($p < 0.05$) indican que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, sin embargo, registraron diferencias numéricas entre los tratamientos. Siendo el tratamiento T₅ (310 K y 217 Ca) con 8.64, superior numéricamente a los tratamientos T₂ (220 K y 154 Ca), T₄ (280 K y 196 Ca), T₁ (190 K y 133 Ca) y T₃ (250 K y 175 Ca), con promedio de 8.16, 8.07, 8.07 y 7.43 °Brix.

Cuadro 18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para sólidos totales

Clave	Tratamientos	Grados Brix	Significación
T ₅	310 ppm K/ 217ppm Ca	8.64	a
T ₂	Testigo (220ppm K/154 ppm Ca	8.16	a
T ₄	280 ppm K/196 ppm Ca	8.07	a
T ₁	190 ppm K/133 ppm Ca	8.07	a
T ₃	250 ppm K/175 ppm Ca	7.43	a

Posiblemente, el incremento mínimo de contenido de azúcar (grados Brix) en el tratamiento T₅, podría deberse a que, existió una mayor fertilización de potasio y calcio, el cual, es un nutriente principal para el dulzor del fruto, así como también podría ser por un consumo de lujo en el tratamiento (MÉNDEZ y MOLINA, 2002). Sin embargo, no hay la certeza de que exista un consumo de lujo, ya que no se realizaron las respectivas evaluaciones de nutrientes con respecto a potasio y calcio en el cultivo.

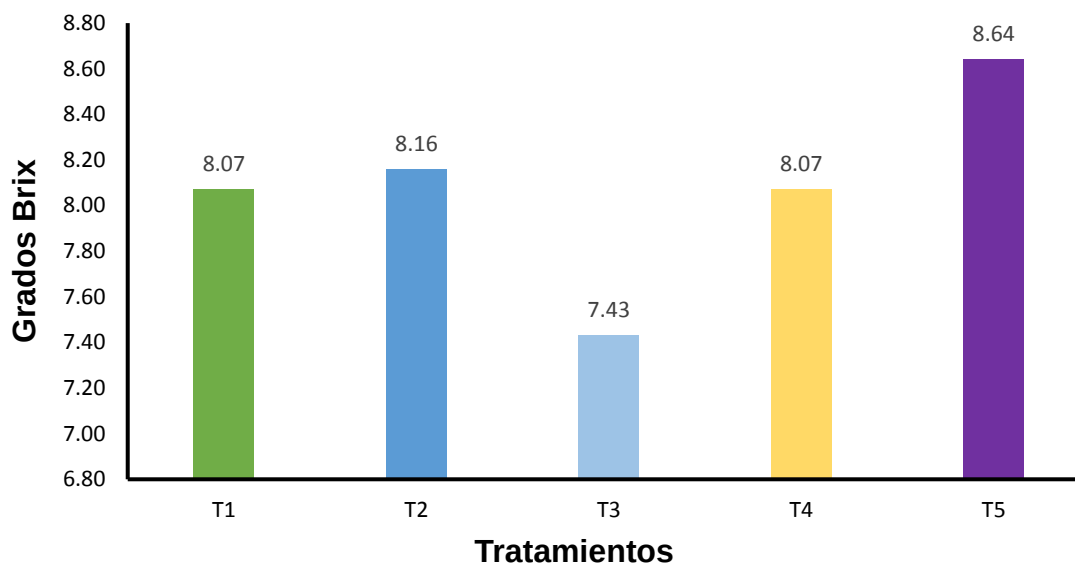
Por otro lado, en el tratamiento T₃ (250 K y 175 Ca) con promedio de 7.43 °Brix, tal vez debido, a la presencia de sombra en el tratamiento, y el encharcamiento ocasionado por las constantes lluvias, lo cual pudo provocar lixiviación de nutrientes afectando así el contenido de azúcar. Asimismo, con el tratamiento T₄ (280 K y 196 Ca) se registró en promedio 8.07 °Brix, lo cual podría considerarse como normal así lo refiere CARPIO (2017), quien para el mercado nacional y extranjero el cultivo de sandía con 8.50 a 11 °Brix, son considerados como frutos de buena calidad.

Por el contrario, ÁGUILAR (2014), indica que la sandía debe cumplir ciertas normas para ser aceptadas en el mercado. Esta debe ser dulce, crujiente, jugosa y el contenido de azúcares de 10° como mínimo.

Varios estudios realizados con la misma variedad, muestran resultados similares y superiores a los obtenidos en el presente estudio. SÁNCHEZ (2016), quien realizó un trabajo de producción y calidad de sandía, en México, obtuvo resultados similares al nuestro, en promedio, de 8.63 °Brix con dosis de 184, 74, 242, 184, 6, 38 Kg/ha de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente.

Por otro lado, TICAHUANCA (2016) registró valores superiores, en promedio, de 10.09 °Brix. Así mismo, SALINAS (2015) obtuvo, 12.4 °Brix cuando aplicó dosis de 233, 184 y 150 kg/ha de N, P y K, respectivamente, e incluso, el tratamiento testigo (sin fertilización) superó al nuestro, registrando un valor de 10.5 °Brix.

Otros autores trabajando con variedades diferentes al del presente trabajo también registraron valores de grados brix superiores. SALGADO (2016), trabajando con la variedad Odem, en Tingo María, bajo sistema de riego por microtúbulos obtuvo un promedio de 9.10 °Brix con relación de Ca/K (1:0.86). GUTIÉRREZ (2009), bajo un sistema de riego por goteo con la variedad Klondike reportó un promedio de 11.10 °Brix, empleando dosis de 55 y 220 N Kg/ha y 142 y 75 P₂O₅ Kg/ha respectivamente). Así mismo BARREDA (2015) con la variedad Black Fire registró un promedio de 12.45 °Brix con dosis de 220, 184 y 160 Kg/ha de N, P, K, respectivamente, en condiciones de campo en la localidad de San Vicente de Cañete, Lima.



T₁ = 190 ppm K/133 ppm Ca T₂ = Testigo (220 ppm K/154 ppm Ca) T₃ = 250 ppm K/175 ppm Ca
T₄ = 280 ppm K/196 ppm Ca T₅ = 310 ppm K/217 ppm Ca

Figura 3. Evaluación de grados Brix en frutos cosechados por tratamiento

4.3. Rendimiento por hectárea

El análisis de variancia (Cuadro 19), para rendimientos (tnha⁻¹) muestran que existen diferencias significativas ($p < 0.01$) para los tratamientos. Con un coeficiente de variabilidad de 43.05 %.

Cuadro 19. Análisis de variancia para el rendimiento

Fuente de variación	GL	SC	CM	Significación
Tratamientos	4	34.373417	85.93354	**
Error experimental	45	13.295212	31.65526	
Total	49	16.732553		

CV= 43.05%

** : Altamente significativa

En el Cuadro 20 y Figura 4, la prueba de Duncan ($p < 0.05$) indican que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos T_5 (310 K y 217 Ca), T_4 (280 K y 196 Ca) y T_2 (220 K y 154 Ca), siendo el tratamiento T_5 el que obtuvo mayor rendimiento con 54.13 tnh^{-1} . A su vez el tratamiento T_2 (220 K y 154 Ca), el menor rendimiento con 28.87 tnh^{-1} , y los tratamientos T_3 (250 K y 175 Ca) y T_1 (190 K y 133 Ca), se comportaron estadísticamente similares.

Del tratamiento T_5 posiblemente se deba a que, ocupó la cama más ancha permitiendo así, que tenga un mayor aprovechamiento de los recursos y por ende un mayor rendimiento, mientras que el resto de los tratamientos no tuvo las mismas condiciones de espacio, registrándose diferencias notorias entre los tratamientos en estudios. Además de que, los tratamientos T_3 y T_4 muestran resultados bajo con relación al tratamiento T_5 , a pesar de que, también son dosis mayores de fertilización, observando de que, quizás la dosis óptima de fertilización sea con el tratamiento T_3 , ya que la fertilización se inició con una cantidad mayor, existiendo un posible consumo de lujo con el tratamiento T_5 .

Estos resultados coinciden con lo descrito por GONZÁLEZ (2017), quien indica que la producción de sandía tiende a disminuir con poco espacio para su desarrollo, ya que la competencia se intensifica y esto suprime directamente el crecimiento de planta y haya deficiencia en la producción. Otra hipótesis sería por posible antagonismo entre nutrientes.

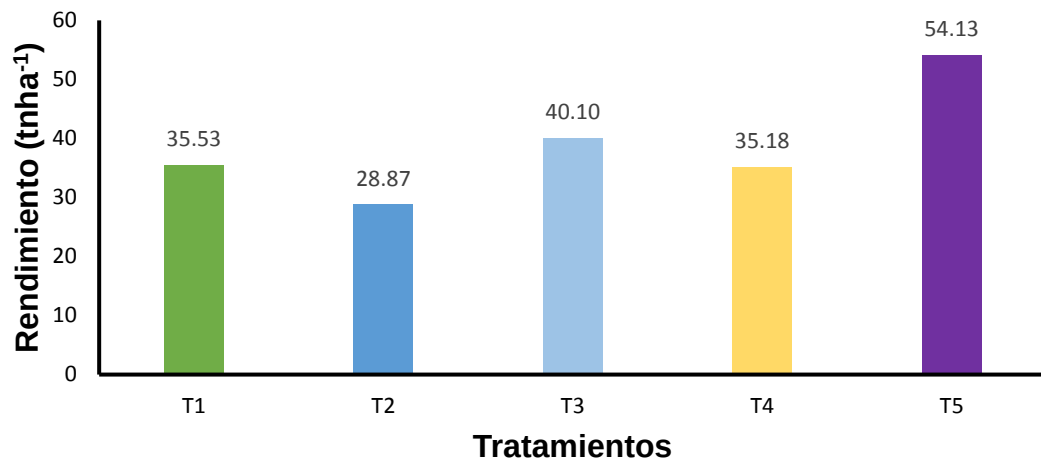
Asimismo, los resultados obtenidos superan a lo reportado por VALDEZ (1998), quien realizó un comparativo de diez variedades de sandía en el valle de mala, con la var. Improved peacock obtuvo un menor rendimiento de 35.92 tnh^{-1} . Sin embargo, con una fertilización de (233-184-150+ Ajifol plus) dio un

rendimiento de 51.6 tnha^{-1} , por lo tanto, afirma que la aplicación de Ajifol plus es un buen complemento a la fertilización para el incremento significativo del rendimiento. Así también superior a lo reportado por BARREDA (2015), con la variedad Black Fire empleando dosis de (220 – 184 – 160 en Kg/ha) obtiene 36.12 tnha^{-1} . Además, superiores también a lo reportado por SALINAS (2015) quien, trabajando en el Valle de Cañete, Lima, con la variedad Improved peacock fertilizando al suelo a dosis de (233 N, 184 P_2O_5 , 150 K_2O) obtuvo 48.9 tnha^{-1} .

También superior a lo indicado por TICAHUANCA (2016) y SANTILLÁN (2003), quienes trabajan con la misma variedad obtiene en promedio (26.59 y 36.562 Kg/ha).

Cuadro 20. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el rendimiento del cultivo de sandía

Clave	Tratamientos	Rendimiento (tnha^{-1})	Significación	
T ₅	310 ppm K/217 ppm Ca	54.13	a	
T ₃	250 ppm K/175 ppm Ca	40.10	a	b
T ₁	190 ppm K/133 ppm Ca	35.53	a	b
T ₄	280 ppm K/196 ppm Ca	35.18		b
T ₂	Testigo (220 ppm K/154 ppm Ca)	28.87		b



T₁ = 190 ppm K/133 ppm Ca

T₂ = Testigo (220 ppm K/154 ppm Ca) T₃ = 250 ppm K/175 ppm Ca

T₄ = 280 ppm K/196 ppm Ca

T₅ = 310 ppm K/217 ppm Ca

Figura 4. Rendimiento del cultivo de sandía variedad “Improved Peacock”

4.4. Análisis de rentabilidad

En el Cuadro 21, se observa que la menor producción de sandía fue para el tratamiento T₂ con una producción de 86.62 kilos, haciendo un rendimiento de 28,872.67 kg/ha con una inversión de 35,060.00 soles, en comparación con el tratamiento T₅ que ha tenido una mayor producción de sandía (162.38 kilos), logrando un mayor rendimiento de 54,126.67 kg/ha con una inversión de 35,666.67 soles. La elaboración de los costos de producción y el análisis económico por cada tratamiento está en función a las distintas actividades desarrolladas durante el desarrollo del cultivo, desde la preparación del terreno hasta la cosecha del cultivo de sandía.

Cuadro 21. Análisis de rentabilidad (B/C) para cada tratamiento y hectárea

Análisis rentabilidad por área								
Trat.	Inversión/ trat.	Prod/trat. (Kilo)	Precio (S/.)	Costo venta/trat	Costo inversión /ha	Rendimiento (kg/ha)	Utilidad/ ha	B/C
T ₁	104.70	106.60	1.50	159.90	34900.00	35,533.33	18400.00	1.53
T ₂	105.18	86.62	1.50	129.93	35060.00	28,872.67	8249.00	1.24
T ₃	105.62	120.31	1.50	180.47	35206.67	40,103.33	24948.33	1.71
T ₄	106.07	105.54	1.50	157.85	35356.67	35,078.33	17260.83	1.49
T ₅	107.00	162.38	1.50	243.57	35666.67	54,126.67	45523.33	2.28

La producción obtenida en todos los tratamientos supera a lo reportado por TICAHUANCA (2016), quien refiere en su investigación “respuesta a la adaptación y rendimiento de tres variedades de sandía”, dando reporte de la producción y costos de la variedad “Improved Peacock” de 26,592.59 kg/ha y alcanzando una inversión de 39,888.89 soles, así mismo la inversión en cada uno de los tratamientos es inferior a lo reportado por el mismo autor (Cuadro 9).

En relación con B/C, se muestra que hay rentabilidad, por el cual, el tratamiento T₅ obtiene un mayor ingreso; ya que por cada sol invertido se tiene una ganancia de un 1.28 céntimos, con una inversión de 35,666.67 soles por hectárea, con una utilidad por hectárea de 45,520.83 soles y un rendimiento de 54,126.67 t_{ha}⁻¹. Mientras que, con los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄ no lograron generar beneficio, ya que por cada sol invertido solo se tiene una ganancia del (0.53, 0.24, 0.71 y 0.49 céntimos respectivamente), estando por debajo del tratamiento T₅.

V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento que mostró mayor rendimiento fue con la dosis mayor de potasio y calcio (310 ppm K y 217 ppm Ca) con rendimiento total de 54.13 tnha^{-1} con 2.40 frutos comerciales, que superó al tratamiento testigo T₂ el cuál rindió 28.87 tnha^{-1} .
2. La mejor calidad de fruto en sólidos solubles, se logró con el tratamiento T₅ aplicando dosis de 310 ppm K y 217 ppm Ca, con 8.64 °Brix.
3. La mejor relación B/C se logró con el tratamiento T₅ con 2.28 % teniendo una ganancia por cada sol invertido de 1.28 céntimos por hectárea. A su vez, con los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄, por cada sol invertido no se tiene una ganancia.

VI. RECOMENDACIONES

1. Utilizar las dosis K y Ca con cantidades de 310 ppm y 217 ppm, para obtener un rendimiento de 54.13 tnha⁻¹.
2. Investigar la influencia del N y P como un activador de floración y fructificación del cultivo de sandía para observar el efecto en el rendimiento y calidad de los frutos.
3. Realizar otros trabajos con distintas metodologías de evaluación en sandía con la misma variedad, en condiciones más controladas además de una asistencia técnica en sistema de riego y en el cultivo mismo, con el fin de generar mejores resultados.

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el vivero de la Facultad de Agronomía (UNAS – Tingo María), con una duración de seis meses abril – Setiembre, 2017. Como material genético se utilizó la variedad de sandía Improved Peacock. El diseño experimental utilizado fue el completo al azar (DCA) con cinco tratamientos y diez repeticiones, para el análisis de variancia y prueba de Duncan 5%. Las dosis de fertilización (ppm): T₁ (190K/133Ca); T₂ (Testigo) (220K/154Ca); T₃ (250K/175Ca); T₄ (280K/196Ca); T₅ (310K/217Ca), fertilizando al sustrato dos veces al día 8 am y 1 pm. Las variables respuesta fueron: longitud y diámetro de fruto, rendimiento, número de frutos y calidad de la pulpa (°Brix). Los mejores resultados en peso de fruto se obtuvieron con el tratamiento T₃ (7.42 Kg/fruto) con rendimiento de (40.1 tnh⁻¹), seguido de los tratamientos T₄ y T₅ con (7.19 y 7.18 Kg/fruto), sin diferencia estadísticas significativas. A su vez los mejores rendimiento y mayor número de frutos por planta se logró con el tratamiento T₅ (54.1 tnh⁻¹) y con dos frutos comerciales por planta, seguido del T₃ (40.1 tnh⁻¹) y el menor rendimiento con el T₂ (testigo) de (28.8 tnh⁻¹). Asimismo, se logró un mayor contenido de sólidos solubles (8.64 °Brix) con el tratamiento T₅ y el menor con el T₃ (7.43 °Brix) sin diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Además, el tratamiento T₅ tuvo mayor Beneficio/Costo, ya que, por cada sol invertido se obtiene una ganancia del 1.28 céntimos por hectárea, el precio por kilo de sandía es 1.50 céntimos.

Palabras clave: Sandía, Hidroponía, Fertilización, Calidad, Sólidos solubles

ABSTRACT

The present study was developed in the nursery of the Faculty of Agronomy (UNAS - Tingo María), with a duration of six months April - September, 2017. Improved Peacock watermelon variety was used as genetic material. The experimental design used was the randomized complete (DCA) with five treatments and ten repetitions, for the analysis of variance and Duncan's test 5%. Fertilization doses (ppm): T1 (190K / 133Ca); T2 (Control) (220K / 154Ca); T3 (250K / 175Ca); T4 (280K / 196Ca); T5 (310K / 217Ca), fertilizing the substrate twice a day at 8 am and 1 pm. The response variables were: length and diameter of fruit, yield, number of fruits and quality of the pulp (° Brix). The best results in fruit weight were obtained with the T3 treatment (7.42 Kg / fruit) with yield of (40.1 tnha-1), followed by treatments T4 and T5 with (7.19 and 7.18 Kg / fruit), without significant statistical difference. In turn, the best yield and highest number of fruits per plant was achieved with the T5 treatment (54.1 tnha-1) and with two commercial fruits per plant, followed by T3 (40.1 tnha-1) and the lowest yield with T2 (witness) of (28.8 tnha-1). Likewise, a higher content of soluble solids was achieved (8.64 Brix) with the T5 treatment and the lowest with the T3 (7.43 Brix) without significant statistical differences between the treatments. In addition, the T5 treatment had greater benefit / cost, since, for each inverted sun, a profit of 1.28 cents per hectare is obtained, the price per kilo of watermelon is 1.50 cents.

Keywords: watermelon, Hydroponics, Fertilizing, Yield, Quality, Soluble solids

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA G.; GALVÁN R.; LUJÁN M.; QUIÑONES F.; CHÁVEZ N. 2011. Sandía. INIFAP. Chihuahua, México. 30 p.
2. ABARCA R P. 2017. Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. NAKAI, Boletín INIA / N° 02. INIA - INDAP, Santiago, Chile. 94 p.
3. ÁGUILAR L A. 2014. Producción y calidad de sandía (*Citrullus lanatus* L.) con dos formas de fertilización en la comarca lagunera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis. Ing. Agr. Torreón – Coahuila, México. 62 p.
4. ALVARADO C.; DÍAZ F.; MORALES B M. 2003. Tecnología para producir sandía con fertirriego en el norte de Tamaulipas. CERIB. INIFAP. México. 23 p.
5. ARDON H R. 2015. Efecto de potasio sobre la concentración de sólidos solubles en sandía variedad Mickey lee. Tesis. Lic. Ing. Agr. Universidad Rafael Landívar. QUETZALTE. 21 p.
6. ANDRADE B.; CEDEÑO D. 2009. Efecto de NPK y enmiendas en la producción de *Citrullus vulgaris* en Río Verde, Cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena. Tesis. Ing. Agropecuario. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. 113 p.
7. ASPA (Asociación de Promoción Agraria). 2001. Apuntes Agrarios, Año 4, N° 35. Lima, Perú. 15 p.

8. AZABACHE A. 2003. Fertilidad de suelos para una agricultura sostenible. Huancayo, Perú. 225 p.
9. BARREDA S P. 2015. Niveles de fertilización potásica en la producción y calidad de sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 68 p.
10. BARBADO J. 2005. Hidroponía. Su empresa de cultivos en agua. Editorial. Albatros, Argentina. 79 p.
11. BELTRÁN J.; GIMENEZ D. 2014. Cultivo en hidroponía. Libro de catedra. 1^{era} Ed. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina. 181 p.
12. CARPIO T M. 2007. Sólidos totales secados. Sub dirección de Hidrología. Laboratorio de calidad. República Dominicana. 8 p.
13. CÁRDENAS M. 2001. Evaluación agroeconómica de siete materiales genéticos de sandía con tres niveles de podas vegetativas bajo condiciones protegidas en Zamorano. Zamoempresas de cultivos intensivos en Zamorano. Honduras. 47 p.
14. CABRERA I.; FOMARIS G.; MARTÍNEZ S L.; ORTÍZ C.; RIVERA L E.; SEMIDEY N. 2000. Conjunto tecnológico para la producción de Sandía. Ed. W Lugo. Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico. 40 p.
15. CASACA D A. 2005. Guía tecnológica de frutas y vegetales. el cultivo de sandía. PROMOSTA. Costa Rica .11 p.
16. CHÁVEZ E.; RANGEL P.; MENDOZA B M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 148 p.

17. DAZA R. 2006. Comportamiento agroquímico de 15 híbridos de sandía en el valle Río Porta Viejo. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. 32 p.
18. DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA. 2004. Reglamento (CE) Nro. 1862/2004 de la Comisión de las Comunidades Europeas. (en línea). Bruselas, BE. Disponible en: <https://www.boe.es /doue/2004/325/L00017-00022.pdf>, consultado 01 jul. 2018.
19. DOMENE M. 2014. Negocio agroalimentario y cooperativo. Ficha de transferencia. CAJAMAR. Veracruz, México. 18 p.
20. FELIX S C.; SOTO M J. 2017. Rendimiento y calidad de once híbridos de sandía (*Citrillus lanatus*) bajo las condiciones de La Molina. Universidad Nacional La Molina. Tesis. Ing. Agr. Lima, Perú. 81 p.
21. FELTRIM L, FILHO A, GONSALVES M, PAVANI L, BARBOSA J, CORTEZ J. 2011. Distancia entre plantas, dosis de nitrógeno y potasio en sandía (*C. lanatus*) sin semilla fertirrigada. Pesq. Agropec. Bras. Brasilia, Brasil. vol. 46 (9): 985-991 p.
22. GALIANO D M. y CHAFUELAN E M. 2007. Eficiencia productiva de cuatro variedades de sandía (*Citrullus lanatus* Thum) bajo un sistema de riego por goteo y exudación en la zona de Cumbo. Ecuador. 12 p.
23. GARCÍA M G. 2004. Efecto de N, P, K, Ca y Mg en etapas iniciales de crecimiento de chile (*Capsicum annum*), Melón (*Cucumis melo*), pepino (*Cucumis sativus*), y sandia (*Citrullus lanatus*). Universidad de Guadalupe. Tesis. Ing. Agr. Zapopan, Jalisco. 105 p.

24. GIRÓN J M. 2015. Rendimiento de híbrido de sandía tipo personal. Tesis. Ing. Valle de Motagua. Zacapa, Guatemala. 63 p.
25. GUZMÁN G. 2004. Hidroponía en casa: una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería San José, Costa Rica. 25 p.
26. GUTIÉRREZ T A. 2009. Niveles de nitrógeno y fosforo en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) cultivar Klondike bajo R.L.A.F. goteo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tesis. Ing. Agr. Tacna, Perú. 86 p.
27. GONZÁLEZ C L E. 2017. Implementación de un cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), como aporte al fortalecimiento de cadena agrícola en el corregimiento de la india. Departamento Santander. Universidad de Sale. Tesis. Ing. Agro. Yupal. 66 p.
28. MENDOZA A M. 2016. Cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*). Barranca, Perú. 38 p.
29. NAVARRO G. 2003. Química Agrícola. 2 ed. Madrid, ES. Mundi -prensa. 492 p.
30. NÚÑEZ V J. 2013. Evaluación de rendimientos de genotipos de sandía (*Citrullus lanatus*) en la región lagunera 2007. Universidad Autónoma Antonio Narro. Tesis. Ing. Agr. Torreón, Coahuila, México. 134 p.
31. PORRAS A M. 2001. Diseño estadístico de experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados: tratamiento informático mediante SPSS". Ed.: Proyecto Sur 39 p.
32. RECHE M. 2008. Cultivo intensivo de sandía. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España. 48 p.

33. SANDIA. 2007. Guía práctica para exportación a EEUU – IICA. Nicaragua, Managua. 10 p.
34. SALGADO D. 2016. Efecto de la relación Ca/K, en la calidad y producción del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* var. Odem), bajo sistema de fertirriego por microtubos en Tingo María. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 80 p.
35. SALINAS J D. 2015. Fertilización foliar en sandia (*Citrullus lanatus*) cv. Peacock bajo condiciones del Valle de Cañete. UNALM. Tesis. Ing. Agr. Lima, Perú. 63 p.
36. SANTILLÁN O. 2003. Densidades del cultivo de sandía (*Citrullus vulgaris*) variedad Peacock WR60 en la localidad de Bello Horizonte provincia de San Martin. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional de san Martin. Tarapoto. Perú. 41 p.
37. SÁNCHEZ A J. 2016. Producción y calidad nutraceutica de tres variedades de sandía obtenidas mediante injerto. Tesis. Ing. Agrónomo en horticultura. Universidad Autónoma Agrario Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 64 p.
38. TICAHUANCA R C. 2016. Respuesta a la adaptación y rendimiento de tres variedades de sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el valle de San Gabán - Puno. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 110 p.
39. TERRAZA P R.; MENDOZA P G.; VILLAREAL R M. 2012. Relación nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de tomate hidropónico. Rev. Mex. Cienc. Agric. 3(1):113-114.

40. THOMPSON L M; TROEH F R. 2002. Los suelos y su Fertilidad. 4 ed. Barcelona, ES. Reverté. 657 p.
41. UGÁS R., SIURA S., DELGADO DE LA FLOR F., CASAS A., TOLEDO J. 2000. Hortalizas: Datos básicos. Programa de Hortalizas. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 199 p.
42. VÁSQUEZ M R. 1978. Evaluación de tres variedades y cinco líneas de sandía (*Citrullus vulgaris*) en suelos tipo Chicaj del valle De La Fragua. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos. Facultad de Agronomía. Guatemala. 29 p.
43. VALDEZ L. 1998. Comparativo de diez cultivares de sandía (*Citrullus lanatus*). UNALM. Tesis. Ing. Agr. Lima, Perú. 80 p.
44. VIZA C A. 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. Tacna. 120 p.

ANEXO



Figura 5. Preparación de sustrato



Figura 6. Aplicación de herbicida para control de maleza

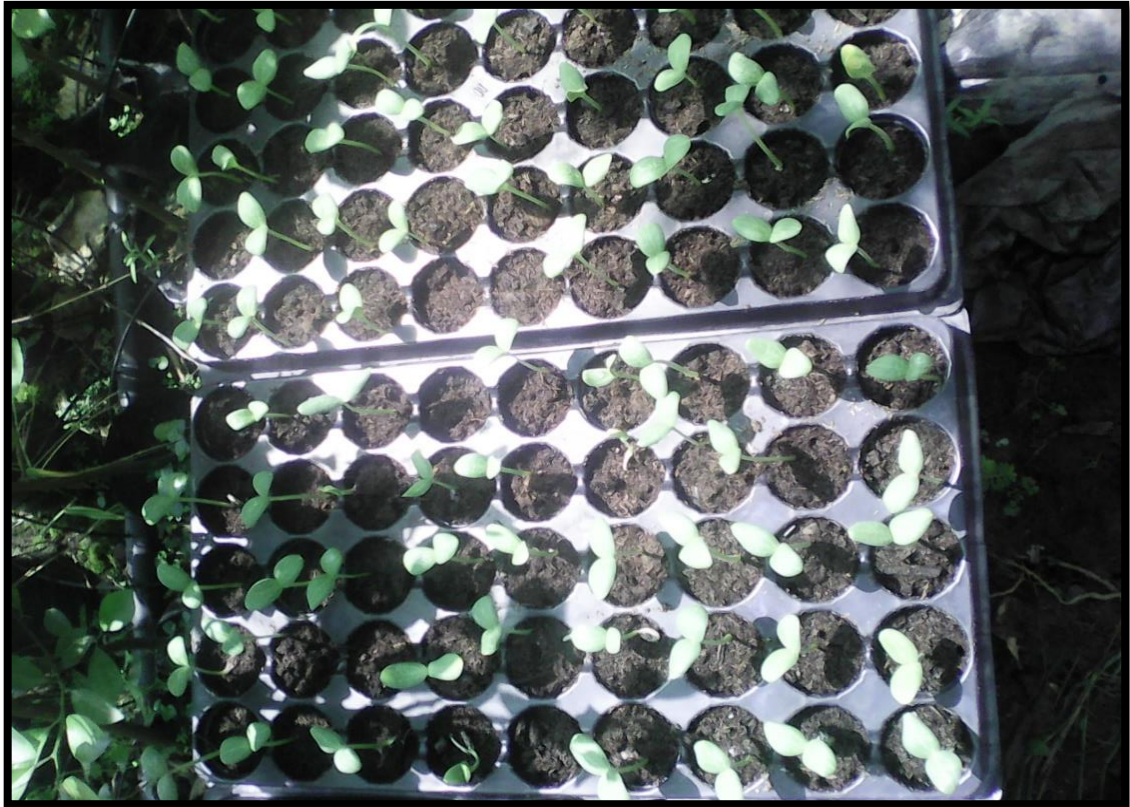


Figura 7. Germinación de semilla de sandía



Figura 8. Plántulas para el trasplante a campo definitivo



Figura 9. Riego del cultivo de sandía



Figura 10. Inflorescencia femenina y masculina de la sandía

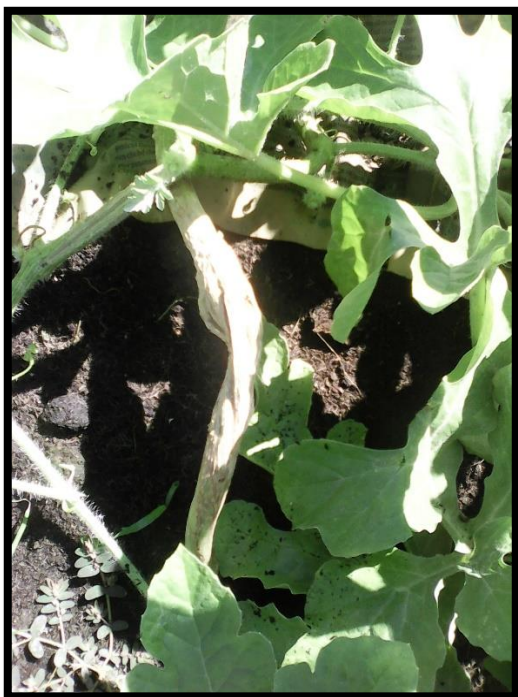


Figura 11. Rajado del tallo de sandía

Figura 12. Evaluación de grados Brix



Figura 13. Primera visita de miembros de jurado en la presente tesis

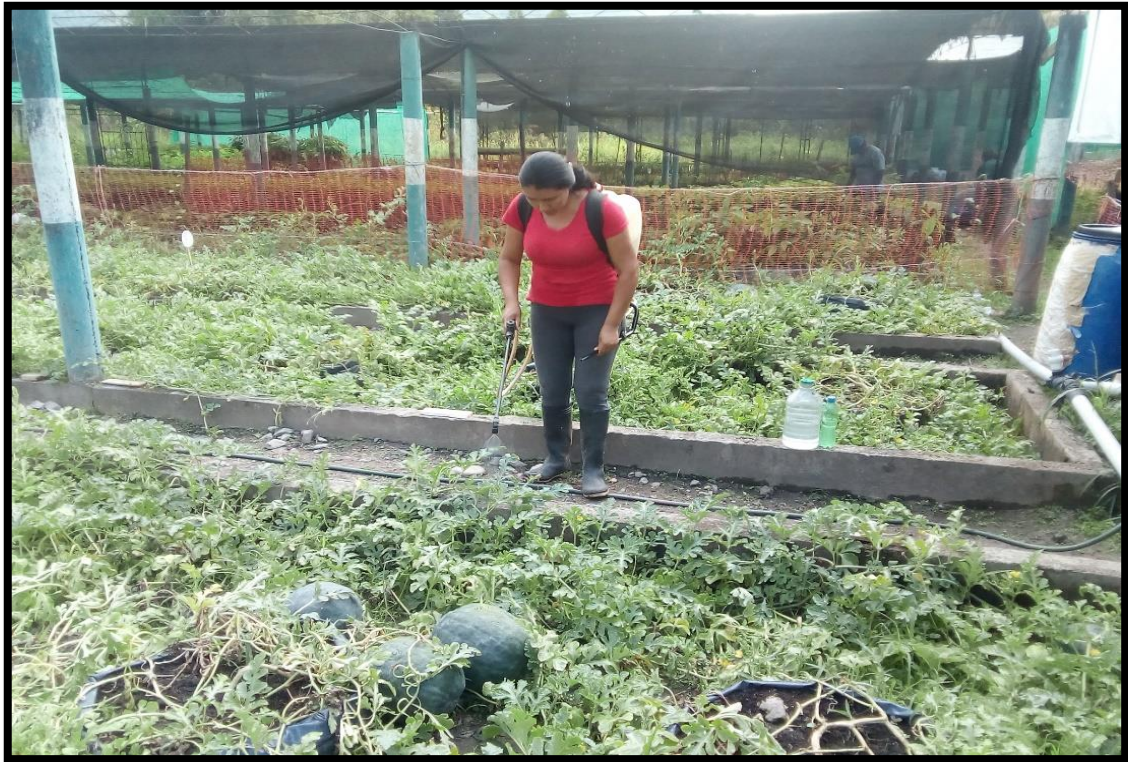


Figura 14. Aplicación de fungicida



Figura 15. Cosecha del cultivo de sandía en el vivero de la UNAS



Figura 16. Daños de botritis y del barrenador de fruto.



Figura 17. Selección de fruto por tratamiento para grados brix.

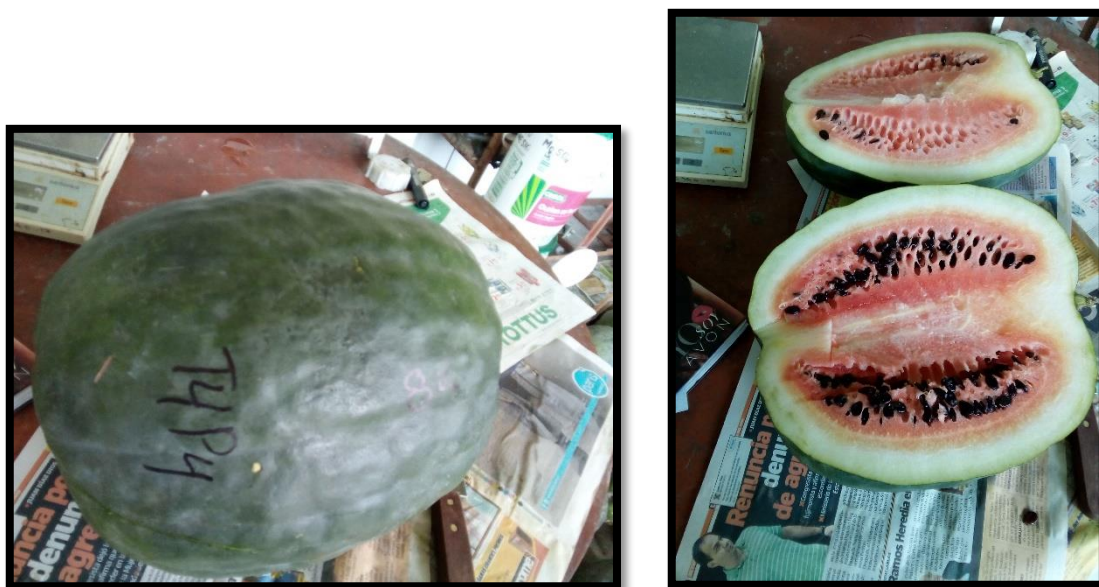


Figura 18. Fruto cosechado de la planta 4 del tratamiento T₄



Figura 19. Fruto cosechado de la planta 10 del tratamiento T₄



Figura 20. Segunda visita de los miembros de jurado en el trabajo de investigación

Cuadro 22. Costos de inversión del tratamiento T₁ durante la investigación

Costo de inversión Tratamiento 1				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio und	Total
Materiales				20.83
Insumos				48.00
fungicida				14.89
Mano de obra				13.40
fosfato mono potásico	gramos	191.22	10.00	1.91
sulfato de magnesio	gramos	576.32	2.40	1.38
nitrato de calcio	gramos	783.39	2.60	2.04
nitrato de potasio	gramos	349.22	3.80	1.33
nitrato de amonio	gramos	304.37	2.00	0.61
ácido fosfórico	gramos	80.00	4.35	0.35
Total				104.70

Cuadro 23. Costo de inversión del tratamiento T₂ durante la investigación

Costo de inversión Tratamiento 2				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio und	Total
Materiales				20.83
Insumos				48.00
fungicida				14.89
Mano de obra				13.40
Fosfato mono potásico	Gramo	191.22	10.00	1.91
Sulfato de magnesio	Gramo	576.32	2.40	1.38
Nitrato de calcio	Gramo	907.56	2.60	2.36
Nitrato de potasio	Gramo	426.79	3.80	1.62
Nitrato de amonio	Gramo	217.18	2.00	0.43
ácido fosfórico	Gramo	80.00	4.35	0.35
Total				105.18

Cuadro 24. Costo de inversión del tratamiento T₃ durante la investigación

Costo de inversión Tratamiento 3				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio und	Total
Materiales				20.83
Insumos				48
Fungicida				14.89
Mano de obra				13.4
Fosfato mono potásico	Gramo	191.22	10	1.91
Sulfato de magnesio	Gramo	576.32	2.4	1.38
Nitrato de calcio	Gramo	1030.78	2.6	2.68
Nitrato de potasio	Gramo	504.36	3.8	1.92
Nitrato de amonio	Gramo	130.03	2	0.26
Ácido fosfórico	Gramo	80	4.35	0.35
Total				105.62

Cuadro 25. Costo de inversión del tratamiento T₄ durante la investigación

Costo de inversión Tratamiento 4				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio und.	Total
Materiales				20.83
Insumos				48.00
fungicida				14.89
Mano de obra				13.40
Fosfato mono potásico	Gramo	191.22	10.00	1.91
Sulfato de magnesio	Gramo	576.32	2.40	1.38
Nitrato de calcio	Gramo	1154.48	2.60	3.00
Nitrato de potasio	Gramo	581.93	3.80	2.21
Nitrato de amonio	Gramo	44.59	2.00	0.09
Ácido fosfórico	Gramo	80.00	4.35	0.35
Total				106.07

Cuadro 26. Costo de inversión del tratamiento T₅ durante la investigación

Costo de inversión Tratamiento 5				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio und.	Total
Materiales				20.83
Insumos				48
Fungicida				14.89
Mano de obra				13.4
Fosfato mono potásico	Gramo	191.22	10	1.91
Sulfato de magnesio	Gramo	576.32	2.4	1.38
Nitrato de calcio	Gramo	1207.49	2.6	3.14
Nitrato de potasio	Gramo	633.64	3.8	2.41
Citrato de calcio	Gramo	79	5.4	0.43
Citrato de potasio	Gramo	67	3.92	0.26
Ácido fosfórico	Gramo	80	4.35	0.35
Total				107

Cuadro 27. Presupuesto general de inversión en el trabajo de investigación

Presupuesto de inversión en el experimento						
Materiales e insumos	Unid.	Cantidad	Precio Und.	Total (S/.)	Sub total	Costo por tratan.
Cerco	Metros		0.80	16.00	104.00	20.83
Rafia	Und	1.00	1.00	1.00		
Plástico	Metro	15.00	2.00	30.00		
Baldes (20lt)	Und	2.00	5.00	10.00		
Baldes (10lt)	Und	2.00	7.00	14.00		
Jaras (250ml)	Und	2.00	1.50	3.00		
Movilidad		1.00	30.00	30.00		
Insumos					240.00	48.00
Semilla (200)	Und	60.00	0.25	15.00		
Letrero	Und	1.00	25.00	25.00		
Aserrín	Vol.	1.00	200.00	200.00		
Fungicidas					74.47	14.89
Fitoraz	Kilo	1.00	45.00	45.00		
Heloxil	Gramos	10.00	0.13	1.30		
Amistrobin	Gramos	80.00	0.35	28.00		
Vitamax	Gramos	1.00	0.17	0.17		
Mano de obra					67.00	13.40
Limpieza	Jornal	0.30	20.00	6.00		
Llenado de bolsas	Jornal	0.50	25.00	12.50		
Preparación de sustrato	Jornal	0.50	20.00	10.00		
acomodar Bolsas	Jornal	0.30	20.00	6.00		
Riego	Jornal	1.00	20.00	20.00		
Cosecha	Jornal	0.50	25.00	12.50		