

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“NIVELES DE FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN LA PRODUCCIÓN
Y CALIDAD DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) cv. ‘BLACK FIRE’**

Presentado por:

SAMANTHA PANTA BARREDA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima - Perú

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“NIVELES DE FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD
DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) cv. BLACK FIRE”**

Presentado Por:

SAMANTHA PANTA BARREDA

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
PRESIDENTE

.....
Ing. M. S. Andrés Casas Díaz
PATROCINADOR

.....
Ing. Saray Siura Céspedes
MIEMBRO

.....
Dr. Julio Toledo Hevia
MIEMBRO

Lima - Perú

2015

F04.
P355
T

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	8
SUMMARY	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1. Generalidades de la especie en estudio	11
2.1.1. Clasificación Botánica	11
2.1.2. Distribución y hábitat.....	11
2.1.3. Descripción morfológica.....	12
2.1.4. Fenología.....	14
2.1.5. Usos	14
2.2. Exigencias de clima y suelo.....	14
2.3. Labores culturales	16
2.3.1. Preparación de Terreno	16
2.3.2. Siembra	17
2.3.3. Fertilización.....	18
2.3.4. Riego.....	18
2.3.5. Control de Malezas.....	20
2.3.6. Cosecha	21
2.3.6.1. Índice de madurez.	22
2.4. Calidad en sandía	22
2.4.1. Calibre.....	23
2.5. Dinámica del Potasio.....	24
2.5.1. Potasio en el Suelo.....	24
2.5.2. Potasio en la Planta.....	26

43776

III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Ubicación del área experimental.....	28
3.2. Condiciones ambientales	28
3.2.1. Clima.....	28
3.2.2. Suelo	30
3.3. Material genético.....	32
3.4. Otros materiales	32
3.5. Factores en estudio	33
3.5.1. Características del campo experimental.....	34
3.6. Diseño experimental.....	35
3.7. Manejo del Experimento	35
3.8. Evaluaciones	37
3.8.1. Rendimiento	37
3.8.2. Calidad	37
3.8.2.1. Peso promedio de frutos:.....	37
3.8.2.2. Tamaño del fruto.....	37
3.8.2.3. Contenido de Sólido Solubles.....	37
3.8.2.4. Grosor de Cáscara	38
3.8.2.5. Contenido de Materia Seca.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1 Rendimiento.....	39
4.2 Calidad del fruto.....	43
Peso promedio de Fruto	44
Largo y Diámetro del Fruto.....	44

Grosor de Cáscara.....	45
Porcentaje de Sólidos Solubles.....	46
Porcentaje de Materia Seca	48
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. RECOMENDACIONES	52
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
VIII. ANEXOS.....	56
ANEXO 1. Labores culturales realizadas en el cultivo de Sandía cv. ‘Black fire’.....	56
ANEXO 2. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’.....	63
ANEXO 3. EVALUACIONES DE CALIDAD EN EL CULTIVO DE SANDÍA (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’	66
ANEXO 4: GALERÍA FOTOGRÁFICA	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Etapas fenológicas de la Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>).....	14
Cuadro 2: Temperaturas críticas para el cultivo de sandía.....	15
Cuadro 3: Coeficientes de cultivo (Kc) en las etapas fenológicas del cultivo de sandía.	19
Cuadro 4: Clasificación del Tamaño de la sandía de acuerdo su peso.	24
Cuadro 5: Datos Meteorológicos durante el periodo del experimento (Agosto 2013 – Marzo 2014).	29
Cuadro 6: Análisis de Agua de Riego de la zona de Cañete (2013).....	30
Cuadro 7: Análisis Químico de Suelo, IRD Cañete (2013).	31
Cuadro 8: Fertilizantes usados en el experimento.	33
Cuadro 9: Factores en Estudio: Niveles de Fertilización Potásica.	34
Cuadro 10: Rendimiento (t/ha) en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’ empleando diferentes niveles de fertilización potásica.....	39
Cuadro 11: Número de frutos por hectárea en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’ empleando diferentes niveles de fertilización potásica.	42
Cuadro 12: Efecto de niveles de potasio en el peso promedio (kg), largo (cm), diámetro (cm), grosor de cáscara (mm) y Sólidos Solubles en frutos de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’.....	43
Cuadro 13: Grosor de Cáscara en cultivares de Sandía.	46
Cuadro 14: Efecto de niveles de potasio en el Porcentaje de Materia Seca en hojas, tallos y frutos de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’.	49
Cuadro 15. Rendimiento obtenido durante la primera cosecha de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’ (kg/ ha).....	63
Cuadro 16. Rendimiento obtenido durante la segunda cosecha de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’ (kg/ parcela).	64
Cuadro 17. Rendimiento obtenido durante la tercera cosecha de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. ‘Black fire’ (kg/ parcela).	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Coeficientes de cultivo (Kc) en las etapas fenológicas del cultivo de sandía.	19
Figura 2: Distribución de las unidades experimentales.	35
Figura 3: Efecto de niveles de fertilización potásica en el rendimiento del cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire'.	40
Figura 4: Efecto de niveles de fertilización potásica en el número de frutos por hectárea en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire'.	43
Figura 5: Efecto de niveles de fertilización potásica en el peso promedio de frutos (kg) de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire'.	44
Figura 6: Efecto de niveles de fertilización potásica en el grosor de la cáscara (cm) de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire'.	45
Figura 7: Efecto de niveles de Fertilización Potásica en el Contenido de Sólidos Solubles (%) en frutos de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire'.	47
Figura 8: Demarcación de Unidades Experimentales. Fundo IRD Cañete.	67
Figura 9: Trasplante de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire'.	67
Figura 10: Cultivo de Sandía Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire' 20 DDT.	68
Figura 11: Preparación de mezcla de fertilizantes.	68
Figura 12: Fertilización del Cultivo de Sandía Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire'.	69
Figura 13: Cosecha del Cultivo de Sandía Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) cv. 'Black fire'	69

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes potásicos en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía. El experimento se desarrolló en la ciudad de Cañete, distrito de San Vicente de Cañete, en el IRD Costa: Fundo Don German. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por parcelas de tres camas, teniendo un total de 30 plantas por parcela. Las dimensiones de cada cama fueron de cuatro metros de ancho por cinco metros de largo, teniendo cada unidad experimental un área de 75 m², la distancia entre plantas fue de un metro, con una densidad de 4000 plantas.ha⁻¹. El trasplante se realizó el 22 de noviembre del 2012, las dosis de fertilización aplicadas fueron 0 – 0 – 0; 220 – 184 – 0, 220 – 184 – 160, 220 – 184 – 210, 220 – 184 – 260 de N - P₂O₅ - K₂O, respectivamente, la cual se suministró en dos momentos: 15 días después del trasplante y 38 días después del trasplante. Las fertilizaciones se aplicaron al suelo, además, se realizaron aplicaciones alternadas de insecticidas y fungicidas para el control de plagas y enfermedades. Las variables estudiadas fueron crecimiento (longitud y diámetro del fruto), rendimiento (peso de frutos), y calidad (Porcentaje de sólidos solubles, grosor de pulpa y cáscara, porcentaje de materia seca). Se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System) para el análisis de varianza y prueba de Tukey al cinco por ciento de probabilidad. El ciclo del cultivo fue de 109 días. La fertilización afectó el porcentaje de sólidos solubles de los frutos. El mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de 160 kg de K₂O/ha, con 36.12 t ha⁻¹.

Palabras claves: 'Black fire', *Citrullus lanatus*, fertilización, potasio, rendimiento, sandía.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the effect of K fertilizer on crop yield and quality of watermelon. The experiment was conducted in the city of Cañete, district of San Vicente de Cañete, in the IRD Costa: Fundo Don German. Treatments were distributed under a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications. The experimental unit consisted of three beds, with a total of 30 plants per plot. The dimensions of each bed were four meters wide and five meters long, each experimental unit area of 75 m², plant spacing was one meter, with a density of 4000 plants.ha⁻¹. The transplant was performed on November 22, 2012, the dosage of fertilizer applied were 0-0-0; 220-184-0; 220-184-160; 220-184-210; 220-184-260 kg of N-P₂O₅-K₂O, respectively, which are provided in two stages: 15 days after transplant and 39 days after transplant. The fertilization were applied to the soil, also alternate applications of insecticides and fungicides to control pests and diseases were performed. The variables studied were growth (length and diameter of the fruit), yield (weight of fruit), and quality (percent soluble solids, pulp and peel thickness, percentage of dry matter). SAS (Statistical Analysis System) program for analysis of variance and Tukey test at five percent probability was used. The crop cycle was 109 days. Fertilization affect the percentage of soluble solids of the fruit. The highest yield was obtained with the treatment of 160 kg K₂O/ ha 36.12 t ha⁻¹.

Key words: 'Black fire', *Citrullus lanatus*, fertilization, potassium, yield, Watermelon.

I. INTRODUCCIÓN

Entre los nutrientes minerales requeridos por las plantas, el potasio (K) se destaca como un catión que tiene la mayor influencia en los atributos de calidad que determinan la comercialización de frutas y la preferencia de los consumidores. Sin embargo, el suelo, y los factores ambientales a menudo limitan la absorción adecuada del potasio del suelo en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos de este elemento durante el desarrollo de la fruta.

Para el cultivo de sandía la fertilización potásica es sumamente importante, ya que este elemento tiene una alta influencia en las características internas de la fruta, e influye directamente en su calidad. El potasio interviene favoreciendo la formación de los azúcares, dando un color rojo intenso a la pulpa, aumenta la dureza de los tejidos y proporciona calidad a los frutos. Regula el contenido de agua en las células, proporcionando a la planta resistencia a las heladas y la sequía.

La sandía es altamente apreciada debido a su alto contenido de agua y bajo valor calórico. En nuestro país, la exportación de Sandías se incrementó en 13% en el año 2014, alcanzando los US\$ 987 mil a un precio de US\$ 0.13 kilo promedio, siendo los principales destinos los países de Holanda y Canadá.

Debido a su creciente demanda en los últimos años se han desarrollado cultivares híbridos, los cuales están desplazando a los cultivares tradicionales, por lo que es de suma importancia determinar sus requerimientos nutricionales. El objetivo de la presente investigación fue determinar la dosis de fertilización potásica idónea para incrementar el rendimiento y la calidad en un cultivar híbrido de sandía llamado 'Black fire'.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la especie en estudio

2.1.1. Clasificación Botánica

Según CORPOICA (2000), la sandía se clasifica taxonómicamente de la siguiente forma:

Reino :	Vegetal
División:	Espermatophyta
Clase :	Dicotiledoneae
Orden :	Cucurbitales
Familia:	Cucurbitaceae
Género:	Citrullus
Especie:	<i>Citrullus lanatus (Thund) Matsum & Nakai</i>

Esta especie pertenece a la familia Cucurbitaceae. Consiste en dos bien definidas subfamilias, ocho tribus, 118 géneros y cerca de 825 especies. La sandía y sus relativos silvestres pertenecen al género *Citrullus* de la Subfamilia Cucurbitoideae, tribu Benincaseae Ser., Subtribu Benincasinae (Ser.) C. Jeffrey. El nombre de *Citrullus* fue usado por primera vez por Forskal en el año 1775, pero H. Shradr fue el primero que clasificó el género sistemáticamente, el cual fue adoptado por el Octavo Congreso Internacional de Botánica, en 1954. Algunos de los rasgos morfológicos de importancia taxonómica en varias especies del género *Citrullus* son la estructura del polen, anatomía del fruto, estructura de la semilla, presencia o ausencia de nectarios en las flores, características del embrión, y variaciones en el cariotipo (Kole, 2011).

2.1.2. Distribución y hábitat

Es originaria de las regiones semidesérticas del África Tropical de donde fue introducida a la India, Irán y Lejano Oriente. De allí la llevaron a Europa donde los genetistas iniciaron los trabajos de mejoramiento para luego ser difundida ampliamente (CORPOICA, 2000).

2.1.3. Descripción morfológica

Maroto et al. (2002) señala que esta planta es muy similar al melón, una planta anual, con un sistema radicular que puede profundizar mucho en lo que se refiere a la raíz principal, aunque el resto del sistema se encuentra distribuido superficialmente. Los tallos, recubiertos de pelos y provistos de zarcillos, se extienden rastreramente por el suelo, pudiendo desarrollarse más de 3 m respecto a la base de la planta. Las hojas son pinnado partidas, divididas en 3-5 lóbulos redondeados, que a su vez también se componen de varios segmentos orbiculares, formando entalladuras pronunciadas. En el haz el limbo tiene la apariencia lisa, mientras que en el envés presenta un aspecto áspero y recubierto de pilosidades.

A continuación se describe a esta planta herbácea:

- **Raíz:**

La raíz es ramificada; la raíz principal se divide en raíces primarias y estas, a su vez vuelven a subdividirse. La raíz principal alcanza un desarrollo con relación a las secundarias y pueden penetrar en el suelo hasta una profundidad de 1.20 m (CORPOICA, 2000).

- **Tallos:**

Los tallos son herbáceos, blandos y verdes, tendidos, trepadores y largos; con zarcillos caulinares, cuyo extremo puede ser bífido y trifido según este hendido en dos o tres partes. El tallo es cilíndrico, asurcado longitudinalmente y muy veloso; los pelos son inclinados, cortos y finos. Por su débil consistencia se tumban en el suelo, en el cual se apoyan para su crecimiento (CORPOICA, 2000).

- **Hojas:**

El limbo tiene el haz muy suave al tacto y el envés muy áspero, con las nervaduras muy pronunciadas, destacándose perfectamente los nervios y hasta las últimas nervaduras que tienen forma de mosaico. Las hojas son oblongas, partidas con segmentos redondeados, poseen de tres a cinco lóbulos que se insertan alternativamente a lo largo del eje principal, y se vuelven a subdividir en otros más pequeños. En la axila de cada hoja nacen unos zarcillos bífidos o trifidos que utiliza la planta para sujetarse al suelo o a otras plantas (CORPOICA, 2000).

- Flores:

Son de color amarillo, pedunculadas. Se originan de yemas floríferas ubicadas en las axilas de las hojas de los tallos principales que dan lugar a flores masculinas y femeninas. La relación entre flores masculinas y femeninas es de 7 a 1; las flores femeninas se reconocen por un abultamiento muy notorio que presentan debajo de la corola el cual corresponde al ovario donde más adelante se formará el fruto. El cáliz es de color verde pubescente con cinco sépalos libres sobre pedúnculos cortos. La corola está formada por cinco pétalos unidos por su base, con simetría regular o actinomorfa. Las flores masculinas por lo general se desarrollan en números de tres a cinco a lo largo del tallo. Las flores femeninas son solitarias con ovario ínfero triglobular u oblongo con tres estigmas rodeados por tres estaminoides, con anteras estériles, lo cual hace que se pueda producir polen, haciendo la flor hermafrodita.

La polinización es básicamente entomófila. Debido a la separación de los dos tipos de flores se requiere de insectos para una polinización adecuada. La mayor actividad de los insectos polinizadores se presenta alrededor del mediodía. Si las flores femeninas no son polinizadas en este lapso, se caen de la planta. El polen de la flor es espeso y viscoso (CORPOICA, 2000).

- Fruto

Es una baya grande con placenta carnosa y epicarpio quebradizo generalmente liso. De color, forma y tamaño variables, con la pulpa más o menos dulce y color que va del rosa al rojo intenso. Aunque existen algunos cultivares de pulpa amarilla. El color de la cáscara puede variar desde el verde oscuro, a través de varias configuraciones de franjas verdes y amarillas, hasta un color completamente verde grisáceo o verde claro (CORPOICA, 2000).

Según Mendoza (2009) el fruto de la sandía se denomina botánicamente “pepónide”, que es un tipo de baya procedente de un ovario ínfero, y caracterizado por una cutícula dura e impermeable. Es el fruto característico de las cucurbitáceas.

- Semillas:

Son de tamaño variable, generalmente de longitud menor que el doble de anchura, aplanadas ovoides, duras, el peso y el color también son variables (blancas,

marrones, amarillas, negras, etc.), moteadas unas, otras no, con expansiones alares en los extremos más agudos. Peso de 25 a 35 mg y una viabilidad de 5 a 10 años (CORPOICA, 2000).

2.1.4. Fenología

En el Cuadro 1 se observa las etapas fenológicas para el cultivo de Sandía, con una duración que oscila entre los 92 y 100 días.

Cuadro 1: Etapas fenológicas de la Sandía (*Citrullus lanatus*).

Etapas Fenológicas	Días desde la siembra
Germinación	5 – 6
Inicio de emisión de guías	18 – 23
Inicio de floración	25 – 28
Plena flor	35 – 40
Inicio de cosecha	71 – 80
Término de cosecha	92 – 100

FUENTE: Cadena Hortofrutícola de Córdoba (2008)

2.1.5. Usos

Según Maroto et al. (2002) se aprovecha principalmente a través de sus frutos, que son dulces, ricos en azúcares, muy refrescantes y de bajo valor calórico, por lo que lo más habitual es consumirlos en fresco, si bien a veces también pueden confitarse e incluso elaborar helados. Los frutos sobremaduros son en ocasiones empleados en la alimentación de aves domésticas o ganado porcino. Sus semillas pueden consumirse tostadas y de ellas, como de otras cucurbitáceas (por ejemplo el melón o las calabazas), puede extraerse un aceite comestible o de usos industriales, rico en ácido linoleico (40-60 por ciento), oleico (10-20 por ciento) y palmítico (0-15 por ciento). Las semillas de Cucurbitaceae pueden ser asimismo una buena fuente de proteínas y minerales.

2.2. Exigencias de clima y suelo

La familia de las Cucurbitaceas pertenece a zonas de climas tropicales o semitropicales, con temperaturas inferiores a 10°C sufre daños por enfriamiento, observándose amarillez en el follaje y pérdida de frutos.

Clima:

Según Alvarado et al. (2009), la sandía es una especie de clima cálido y seco. No prospera adecuadamente en climas húmedos con baja insolación, y se producen fallas en la maduración y calidad de los frutos.

La humedad relativa óptima para el desarrollo de las plantas es de 65 - 75 por ciento, para la floración, 60 - 70 por ciento y para la fructificación, 55 - 65 por ciento. El desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está influido por la temperatura y las horas de luz. Días largos y altas temperaturas favorecen la formación de flores masculinas y días cortos y temperaturas moderadas favorecen la formación de flores femeninas. Las temperaturas críticas para sandía se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Temperaturas críticas para el cultivo de sandía.

Etapa fenológica	Temperatura crítica	
Helada		1°C
Detención del crecimiento vegetativo	Aire	13 - 15°C
	Suelo	8 - 10°C
Germinación	Mínima	15°C
	Óptima	22 - 28°C
	Máxima	39°C
Desarrollo	Óptima	20 - 23°C
Floración	Óptima	25 - 30°C
Maduración del fruto	Óptima	25°C

FUENTE: Alvarado et al. 2009

Según Chemonics International Inc. (2010) la sandía es menos exigente en temperatura que el melón, siendo los cultivares triploides más exigentes que los normales, presentando además mayores problemas de germinabilidad. Cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche son de 20 - 30 °C, se originan desequilibrios en las plantas: en algunos casos se abre el cuello y los tallos y el polen producido no es viable. La humedad relativa óptima para la sandía se sitúa entre 60 y el 80 por ciento, siendo un factor determinante durante la floración.

Suelo:

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 uno 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.

Al igual que otras cucurbitáceas, la sandía es sensitiva al exceso de humedad en el suelo, por lo que se debe mantener una humedad adecuada durante el ciclo de crecimiento. El manejo del agua de escorrentía y el riesgo de erosión en el área semi-llana e inclinada de la cama, y el manejo del problema de mal desagüe y riesgo de inundación en el área llana de la cama, son condiciones que deben ser atendidas adecuadamente para limitar daños al cultivo (Cabrera et al., 2000).

2.3. Labores culturales

2.3.1. Preparación de Terreno

Antes de preparar el terreno se debe determinar si las condiciones de humedad del mismo son adecuadas. En ciertos casos la preparación del terreno debe limitarse al mínimo requerido. En las zonas agroecológicas de la costa semiárida llana y semillana, dos cortes de arado y rastrillado son suficientes si las operaciones de labranza se realizan cuando la humedad del suelo es adecuada. En suelos pesados o arcillosos esta condición es de suma importancia al momento de la preparación del terreno. Si el suelo arado está muy húmedo se formarán más terrones, por lo que será necesario dar más de un corte de arado y rastrillado.

En sistemas de riego por gravedad es necesario determinar si el predio necesita nivelación, tomando puntos de nivel. La nivelación puede hacerse luego del primer corte de arado. Si es necesario aplicar algún abono base o enmienda al suelo debe hacerse antes de la última rastrillada, para incorporarlo al suelo. El agua de escorrentía se debe dirigir a través de zanjas a un desagüe protegido para que no se afecte el cultivo.

Luego de la preparación del terreno se forma la cama o banco. Se recomienda que el suelo quede libre de terrones o cualquier materia extraña. Por lo general, se levantan camas sobre el terreno para facilitar el desarrollo de raíces de la planta, mejorar la aireación, y para el manejo del agua y los fertilizantes. La dirección de las camas debe tener el declive suficiente que permita el movimiento de agua sin causar problemas de erosión o mal desagüe.

Una adecuada preparación del suelo reduce la escorrentía, fomentan la infiltración de agua, y controlan la erosión y la pérdida de nutrientes y plaguicidas en agua y sedimentos (Cabrera et al., 2000).

2.3.2. Siembra

La sandía es un cultivo esencialmente de primavera y verano. La siembra acostumbra a realizarse desde enero a mayo. La cosecha no debe coincidir con períodos de lluvia o humedad excesiva ya que el cultivo requiere de clima seco y temperaturas relativamente altas para la producción de frutas con alta concentración de sólidos solubles, los cuales imparten el sabor dulce agradable de la fruta.

Este cultivo se propaga por semilla. Generalmente la siembra se hace directa al campo. En algunas ocasiones se recomienda establecer semilleros y luego trasplantar, principalmente cuando hay situaciones que pueden afectar la semilla (ej., si se han tenido problemas con roedores u hormigas que se comen la semilla).

La profundidad de siembra no debe exceder de 1.5 cm. Las plantas en el semillero deben estar listas para su trasplante aproximadamente a los 15 días, cuando se observa que la primera hoja verdadera se ha expandido y la segunda comienza a desarrollarse. La sandía es un cultivo que requiere de cuidado durante el trasplante para evitar que el sistema de raíces se afecte. A nivel de campo la distancia comúnmente utilizada entre plantas es de 0.6 a 0.9 m., y entre bancos o hileras de siembra es de 1.8 a 3 m (Cabrera et al., 2000).

2.3.3. Fertilización

Según Cabrera et al. (2000), 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.

Además de los elementos mayores, la sandía requiere micronutrientes que pueden estar deficientes en algunos suelos. La planta de sandía que esté creciendo en un suelo arenoso puede desarrollar deficiencia en cobre, lo que puede a su vez reducir el rendimiento del cultivo. Síntomas que pueden manifestarse por la deficiencia de cobre son el rizado de las hojas y la muerte regresiva de las hojas más jóvenes. Además, esta condición causa una forma irregular de la lámina de la hoja y entrenudos cortos. El desarrollo de la flor y de la fruta también se puede afectar.

García (1999) estudió los efectos de diferentes niveles de fertilización potásica con respecto a un testigo no fertilizado, y los efectos de la interacción potasio-calcio. Señala que las variables morfológicas, rendimiento componentes de rendimiento y calidad del fruto muestran tendencia lineal creciente conforme se incrementa el nivel de fertilización potásica hasta 180 kg/ha, luego decrece.

2.3.4. Riego

En estudios realizados por FAO WATER (2013) relacionados al tema hídrico en el cultivo de sandía se han determinado el coeficiente de cultivo (Kc) en las distintas etapas fenológicas de la sandía. De esta forma se describe las variaciones de la cantidad de agua que extrae del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

El siguiente gráfico muestra las etapas fenológicas del cultivo de sandía, y en el Cuadro 3 se resumen los principales coeficientes de cultivo utilizados para la gestión del agua. Como se observa, el Kc comienza siendo pequeño y aumenta a medida que la planta cubre más el suelo. Los valores máximos de Kc se alcanzan en la floración, se mantienen durante la fase media y finalmente decrece durante la fase de maduración.

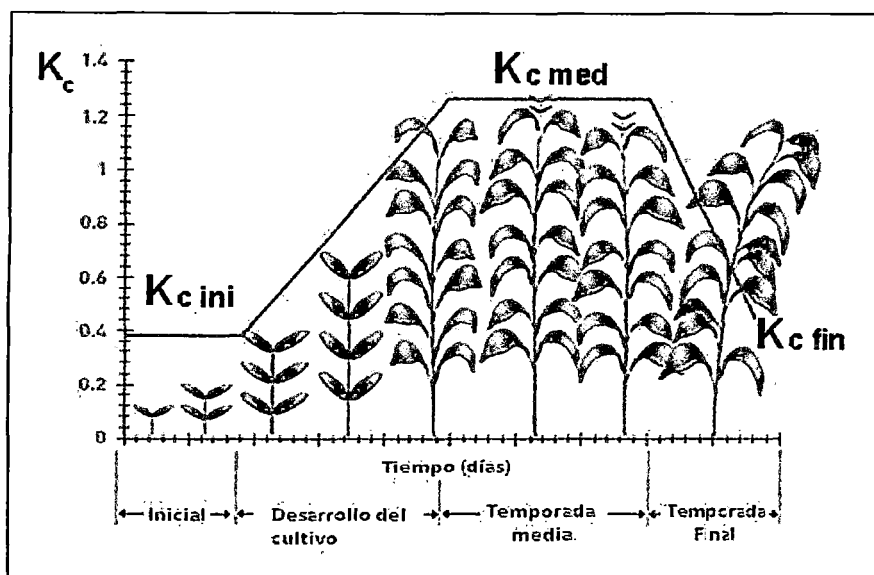


Figura 1: Coeficientes de cultivo (K_c) en las etapas fenológicas del cultivo de sandía.

FUENTE: FAO WATER 2013.

Cuadro 3: Coeficientes de cultivo (K_c) en las etapas fenológicas del cultivo de sandía.

Temperatura crítica	Etapas de Desarrollo			
	Inicial	Desarrollo	Media	Final
Coeficiente de cultivo (K_c)	0.4	>>	1.0	0.75

FUENTE: FAO Water 2013.

Los períodos de crecimiento de sandía se desarrollan en 80 a 110 días, estos son: el período de establecimiento de 10 a 15 días, el período vegetativo de 20 a 25 días, incluyendo el crecimiento vegetativo temprano y tardío (desarrollo de la planta), el período de floración de 15 a 20 días, formación de rendimiento (relleno de fruta) de 20 a 30 días y maduración 15 a 20 días. Usualmente se cosechan 4 frutas por planta, que es controlado por la poda, y la fecha de cosecha depende del número de frutos por planta y en la uniformidad de la maduración.

Alvarado et al. (2009) menciona que el momento de riego en el cultivo de sandía se podría considerar cuando la humedad aprovechable del suelo baja en un 30 por ciento de su máxima capacidad y se sabe que la humedad aprovechable es la cantidad de agua retenida en un suelo entre capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. En general, los suelos de texturas más finas presentan mayores capacidades de almacenamiento de agua, por lo que la humedad disponible será mayor que los suelos de textura más arenosa. Asimismo, se ha determinado que la mayor sensibilidad del rendimiento al estrés de humedad se produce en la etapa de floración. Es conveniente establecer que el riego óptimo al cultivo habitualmente produce un periodo de maduración más largo.

Cabrera et al. (2000) señala 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, ser más pequeñas que el tamaño comercial y su apariencia interna ser 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 la 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.

2.3.5. Control de Malezas

La interferencia de las malezas es uno de los problemas que afectan la producción eficiente de sandías. Las malezas que emergen en o antes de la siembra deberán controlarse o resultarán muy difíciles de manejar posteriormente. De no controlarse competirán por los recursos necesarios para el crecimiento y la producción de la sandía. Es recomendable aplicar un herbicida selectivo para mantener el cultivo libre de la competencia de malezas a partir de la tercera semana después de la siembra o del trasplante, antes de que la siembra comience a cerrar y se dificulte el control de las malezas.

El rendimiento de la sandía va a estar afectado por el nivel de infestación y las especies de malezas presentes en el predio. Por lo general, a mayor densidad poblacional de malezas mayor será el impacto adverso de éstas sobre el rendimiento de la sandía (Cabrera et al., 2000).

2.3.6. Cosecha

Según Maroto et al. (2002) la determinación del punto de madurez de los frutos de sandía presenta ciertos problemas debido a que la acumulación de sacarosa en los frutos se produce en las últimas fases de la maduración de los mismo y cuando se demora excesivamente la recolección, la pulpa de los mismos se sobremadura y descompone internamente.

Según Cabrera et al. (2000) las primeras frutas de cultivares de sandía de tamaño grande (como 'Charleston Gray', 'Jubilee', 'Black fire') pueden estar listas para cosechar entre 80 y 90 días después de la siembra, y en los cultivares de fruta pequeña (ej. 'Sugar Baby') en alrededor de 70 días después de la siembra. La madurez se alcanza de 42 a 45 días después de la polinización. Es importante cosechar las frutas en el estado correcto de madurez. Las frutas deben estar suficientemente maduras para tener un buen nivel de azúcar pero sin que pasen a la etapa de sobremaduras. El determinar la madurez de las sandías es difícil y se necesitan cosechadores diestros para esta operación. Se estima que un rendimiento comercial aceptable no debe ser menor de 30 toneladas por hectárea.

Según Bolaños (2001) la duración del ciclo de cultivo de la sandía depende del tipo de cultivar que se siembre y del sitio de siembra, por lo que es conveniente evaluar los cultivares nuevos en áreas pequeñas, a fin de conocer su comportamiento, antes de proceder a la siembra en escala comercial. En general, los cultivares japoneses son más precoces que los americanos. En los primeros, la cosecha se inicia alrededor de los 85 días después de la siembra y en los segundos a los 100 días. Lo ideal es muestrear la plantación periódicamente para estimar tanto el volumen cosechable como el estado de madurez de los frutos y planificar las salidas al mercado.

2.3.6.1. Índice de madurez.

La sandía (*Citrullus lanatus*) es un fruto no climatérico y por tanto, para conseguir un grado de calidad óptimo, el fruto debe recolectarse cuando está completamente maduro. En los cultivares con semillas, la madurez se adquiere cuando desaparece la cubierta gelatinosa (arilo) que rodea a las semillas y la cubierta protectora de éstas se endurece. Los cultivares varían ampliamente en cuanto a sólidos solubles en la madurez. En general, un contenido de al menos 10 por ciento en la pulpa central del fruto es un indicador de madurez apropiada, si al mismo tiempo la pulpa esta firme, crujiente y de buen color (Chemonics International Inc., 2010).

Según Cabrera et al. (2000), algunos cambios que se observan y que sirven de índice para determinar la madurez de la sandía en el campo son los siguientes:

- Cuando la fruta está madura, la parte de la fruta que toca el suelo cambia de color blanco pálido a amarillo cremoso. Si la fruta está sobremadura desarrolla un color amarillo brillante.
- Al golpear la fruta madura con los dedos se produce un sonido característico en contraste con el sonido de la fruta inmadura que es sordo e indefinido, algo metálico. Esta prueba es más efectiva si se realiza en la mañana porque el resultado se afecta al subir la temperatura de la fruta.
- El zarcillo directamente opuesto a la fruta se va marchitando y va adquiriendo un color marrón a medida que se va secando. Este criterio se debe utilizar en conjunto con los otros, ya que en algunos casos encontramos frutas maduras con el zarcillo verde.

2.4. Calidad en sandía

Según Dangler et al. (2001) 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 tolerancia para las diferencias de peso y la presencia de defectos son establecidas en el punto de envío y el destino para la definición de variaciones en la clasificación del fruto. La sandía con menos del 10 por ciento de azúcar en la escala Brix no tiene un sabor muy dulce.

En el Reglamento (CE) No 1862/2004 (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.

Características mínimas de calidad

Según el Reglamento (CE) No 1862/2004 (2004) las sandías deben tener las siguientes características:

- Enteras
- Sanas; se excluirán los productos que presenten podredumbre o alteraciones que los hagan impropios para el consumo.
- Limpias, prácticamente exentas de materias extrañas visibles.
- Prácticamente exentas de parásitos.
- Prácticamente exentas de daños causados por 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.

Características mínimas de madurez

Las sandías deben estar suficientemente desarrolladas y maduras. El índice refractométrico 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 (Reglamento (CE) No 1862/2004, 2004).

2.4.1. Calibre

El calibre de las sandías se determina por peso. El peso mínimo es de 1 kg. Cuando las sandías se presenten en envases, la diferencia entre la más ligera y la más pesada de un mismo envase no puede exceder de 2 kg (o 3.5 kg, si la fruta más ligera pesa 6 kg o más). En el Cuadro 4 se observa la clasificación según el tamaño de las sandías de acuerdo su peso.

Cuadro 4: Clasificación del Tamaño de la sandía de acuerdo su peso.

Tamaño	Peso (g)
Grande	3501 y más
Mediano	2000 a 3500
Pequeño	hasta 2000

FUENTE: Manual del exportador de Frutas, Hortalizas y Tubérculos, Colombia (2000).

Para todas las categorías: un 10 por ciento, en número o en peso, de sandías que no respondan al calibre indicado pero que se sitúen dentro de un límite de 1 kg de más o de menos de la escala de calibre. No obstante, la tolerancia no puede aplicarse en ningún caso a frutos de menos de 800 gramos (Reglamento (CE) No 1862/2004, 2004).

2.5. Dinámica del Potasio

2.5.1. Potasio en el Suelo

Según Lester et al. (2007) el potasio es abundante en muchos suelos, sin embargo la cantidad de potasio disponible para la plantas es muy pequeña en comparación con otras formas de potasio. El potasio está presente en el suelo en muchas formas, incluyendo el potasio mineral (90 a 98 por ciento del total), potasio no intercambiable, potasio intercambiable, y potasio en solución (iones K^+). Las plantas solo pueden tomar el K directamente de la solución suelo, la toma del nutriente depende de la planta y de factores ambientales. Por ejemplo, la adecuada humedad es necesaria para facilitar la difusión de potasio (que por lo general representa el 75 por ciento del movimiento de potasio) a las raíces de la planta.

Asimismo, las propiedades del suelo también tienen una fuerte influencia en la disponibilidad del potasio. Por ejemplo, los suelos arcillosos pueden tener altas capacidades de fijación de potasio y por lo tanto pueden mostrar poca respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos porque gran parte del potasio disponible se une rápidamente a las arcillas. Tal retención de potasio puede ayudar a reducir las pérdidas por lixiviación y ser beneficioso en el largo plazo como depósitos de almacenamiento

de potasio para los cultivos posteriores. Los suelos arenosos, por otra parte, por lo general tienen baja capacidad para suministrar potasio a causa de su baja capacidad de intercambio de cationes.

La captación de potasio también depende de otros factores inherentes a la planta, incluyendo su genética y las etapas de crecimiento (etapa vegetativa frente a etapa reproductiva). En muchas especies frutales, la absorción se produce principalmente durante las etapas vegetativas, donde presenta un amplio suministro de carbohidratos disponibles para el crecimiento de la raíz y los procesos de absorción. La competencia por los fotoasimilados entre frutos en desarrollo y órganos vegetativos durante las etapas de crecimiento reproductivo puede limitar el crecimiento de las raíces, de su actividad y absorción de potasio. Bajo tales condiciones, el aumento de la fertilización del suelo potasio puede no ser suficiente para aliviar esta deficiencia.

Según Thompson y Troeh (2002) el potasio existe en el suelo como un ion potasio (K^+), en estructuras minerales y como ion potasio no hidratado es un componente importante de las micas y de algunos feldespatos. Es casi tan grande como el ion oxígeno y se ajusta tan perfectamente en algunos huecos de las estructuras argílicas, que puede “fijarse” en ellos y alcanzar un estado casi inaccesible a los procesos de intercambio. Ese potasio inmovilizado ocupa el mismo tipo de huecos que los iones potasio que mantienen unidas las capas de las micas. El potasio cambiante ocurre en forma hidratada, atraído por los puntos cargados negativamente de la arcilla y de la materia orgánica. Esos iones potasio hidratados son retenidos menos firmemente que los demás cationes macronutrientes, como el calcio y el magnesio. Gracias a la relativamente baja energía de atracción, los iones potasio hidratados atraídos a las micelas, se intercambian con facilidad y pueden modificar su posición sobre la superficie micelar sin demasiada dificultad.

Probablemente, la solución del suelo nunca se encuentra saturada de iones potasio. La mayoría de los compuestos de este elemento son muy solubles en agua y la adsorción sobre los puntos de intercambio retira iones de potasio de la solución mucho antes de que ocurra la saturación. Con todo, el potasio en solución constituye la parte más accesible a las plantas de la provisión total de este elemento. El potasio cambiante puede ser utilizado por el vegetal si una raíz lo alcanza, pero no se desplaza

hacia ella a menos que ocurra un intercambio. Incluso si una pequeña parte del potasio no cambiante se encuentra también disponible o alcanza este estado durante la estación vegetativa.

2.5.2. Potasio en la Planta

Thompson y Troeh (2002), mencionan que las plantas absorben grandes cantidades de potasio, siempre en forma de ion K^+ . Las cargas positivas de esos cationes contribuyen a mantener la neutralidad eléctrica, tanto en el suelo como en el vegetal, compensando las cargas negativas de los nitratos, fosfatos y demás aniones. Las plantas requieren cantidades de potasio relativamente importantes y, con frecuencia, son capaces de utilizar una provisión de este elemento mayor de la que el suelo puede suministrar.

El Potasio es un elemento mineral esencial para las plantas que tiene una influencia significativa en el aumento de muchos compuestos relacionados con el aumento de la calidad en las frutas y verduras. Aunque no es un constituyente de ninguna molécula orgánica o estructura de la planta, está implicado en numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos vitales para el crecimiento, el rendimiento, la calidad y estrés de la planta. Además de la regulación de estomas de la transpiración y la fotosíntesis, también participa en fotofosforilación, transporte de fotoasimilados a través del floema, activación de enzimas, mantenimiento de la turgencia y tolerancia a estrés.

Navarro (2013) 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.

Señala que el papel del potasio en la planta es variado, pero todavía, no se conocen bien ciertos aspectos del mismo. Si se sabe que no desempeña una función específica, y que a diferencia de otros elementos, como nitrógeno, fósforo, azufre, no entra en la constitución de los principios esenciales (proteínas, lípidos y glúcidos). Debido a su gran movilidad, actúa en la planta básicamente neutralizando los ácidos orgánicos resultantes del metabolismo, y asegura así la constancia de la concentración de H^+ de

los jugos celulares. También desempeña una importante función en la fotosíntesis, en la economía hídrica de la planta y muy especialmente como activador enzimático.

- **Fotosíntesis:**

La acción del K^+ en la fotosíntesis ha sido fundamentalmente puesta de manifiesto en algas. Aumenta la actividad fotosintética asegurando una mejor utilización de la energía luminosa. Para explicar este papel se considera que el potasio acumulado en la superficie de los cloroplastos penetra en su interior durante la fotosíntesis, donde neutraliza los ácidos orgánicos que se van formando. Con ello mantiene el pH estable y óptimo para el desarrollo del metabolismo. Parece ser también que existe una cierta compensación entre efectos de la luz y los del potasio. En la práctica se ha observado que la fertilización potásica es más eficaz en los años de insolación pobre; y que en las regiones de luminosidad intensa, la planta absorbe menos potasio que en las de luminosidad menor (Navarro, 2013).

- **Economía Hídrica:**

El potasio juega un papel muy importante en la eficiencia del uso del agua dentro de la planta. El potasio es el elemento que “regula” la transpiración de las plantas al regular la apertura y cierre de los estomas. Al mantener los niveles de potasio adecuados, la transpiración y el intercambio de gases necesarios para el óptimo desarrollo de la planta se dan de la manera más eficiente (Lazcano, 1996)

- **Actividad Enzimática**

Gran número de enzimas que intervienen en pasos importantes en los procesos que se realizan en las plantas requieren potasio para desarrollar su máxima actividad catalizadora (Navarro, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Instituto Regional de Desarrollo IRD Costa, con sede en Cañete, fundo denominado “Don German”, ubicado en el km 144.5 de la Panamericana Sur, distrito de San Vicente de Cañete, Provincia de Cañete, Departamento de Lima.

3.2. Condiciones ambientales

3.2.1. Clima

La ciudad de San Vicente de Cañete presenta un clima típico del valle costero: subtropical, caracterizado por pertenecer a un tipo climático muy seco y semi- cálido, por su escasa o nula precipitación pluvial, que es de 26.6 mm. Su temperatura promedio en verano es de 28 °C y en invierno oscila entre los 14 y 20 °C. La estación invernal es fría, con un alto porcentaje de humedad atmosférica, su promedio mensual varía de 81 por ciento en verano a 87 por ciento en invierno.

La información climática se obtuvo de la Estación Meteorológica del IRD Cañete, Fundo Don Germán, correspondiente al periodo en que se llevó a cabo el experimento. En el Cuadro 5 se muestran las variaciones de temperatura y humedad relativa ocurridas durante la fase de campo.

Cuadro 5: Datos Meteorológicos durante el periodo del experimento (Agosto 2013 – Marzo 2014).

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)
	Mínima	Máxima	Promedio	
Agosto	12	19.8	16.08	86.9
Setiembre	14.8	20.7	16.79	88.3
Octubre	13.6	22.2	17.14	88.4
Noviembre	13.3	22.6	18.04	88.6
Diciembre	15.4	25.8	19.97	89.4
Enero	17.4	26.3	21.37	88.1
Febrero	18.3	29.1	22.89	86.6
Marzo	16	28.1	21.53	88

FUENTE: Estación Meteorológica IRD Cañete. Fundo Don Germán.

Su recurso hídrico es de carácter superficial y subterráneo. Las aguas superficiales del área de estudio provienen del río Cañete uno de los ríos más caudalosos de la vertiente del Pacífico. Irriga sin mayores problemas casi toda el área agrícola de la provincia. Presenta un régimen irregular y torrencioso con diferencias muy marcadas, con descargas máximas en los meses de diciembre a marzo debido a las precipitaciones pluviales en la parte alta de la cuenca y bajando notoriamente en los meses de junio a noviembre, esto no presenta mayor problema a la agricultura.

En el Cuadro 6 se muestra las características del agua de riego. Se aprecia que tiene un pH un poco elevado (8.72) y con nivel medio de salinidad (0.50 dS/m). El agua de riego presenta una alta relación de absorción de sodio (SAR), que nos indica que esta agua produce daños en los suelos al ocasionar la acumulación de sodio.

Cuadro 6: Análisis de Agua de Riego de la zona de Cañete (2013).

pH		8.72
C.E.	dS/m	0.50
Calcio	meq/100 g	3.28
Magnesio	meq/100 g	0.79
Potasio	meq/100 g	0.08
Sodio	meq/100 g	1.34
SUMA DE CATIONES		5.49
Nitratos	meq/100 g	0.01
Carbonatos	meq/100 g	0.17
Bicarbonatos	meq/100 g	2.68
Sulfatos	meq/100 g	1.42
Cloruros	meq/100 g	1.00
SUMA DE ANIONES		5.28
Sodio %		24.41
RAS		0.94
Boro ppm		0.22
Clasificación		C1-S1

FUENTE: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes, UNALM.

3.2.2. Suelo

Los suelos de la zona de Cañete pertenecen al orden de los Entisoles. Estos se caracterizan por su régimen de humedad ústico (seco por más de 90 días al año).

En esta zona se encuentran los mejores suelos agrícolas y más productivos del país; aun cuando su fertilidad natural va de media a baja, su textura media a gruesa, profundidad moderada a superficial (presentan un perfil AC moderadamente desarrollado), salinidad ligera a fuerte y de pH neutro a ligeramente alcalino.

Para la caracterización físico química del campo experimental se tomó una muestra compuesta del suelo, la que fue analizada en el laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7: Análisis Químico de Suelo, IRD Cañete (2013).

Característica	Valor	Diagnóstico
pH (1:1)	7.52	Ligeramente alcalino
C.E. (1.1) dSm	1.17	Muy ligeramente salino
CaCO ₃ (%)	0.70	Bajo
M.O. (%)	1.21	Bajo
P disponible (ppm)	8.1	Medio
K disponible (ppm)	183	Medio
Análisis Mecánico		
Arena (%)	45	Franco
Limo (%)	41	
Arcilla (%)	14	
Clase Textural	Fr	
Cationes Cambiables (meq/100g)		%
Ca ⁺²	7.40	76.525%
Mg ⁺²	1.62	16.753%
K ⁺	0.41	4.240%
Na ⁺	0.25	2.585%
Al ⁺³ + H ⁺	0.00	0.000%
CIC (meq/100g)	9.67	Bajo
Suma de Cationes	9.67	
Suma de Bases	9.67	
%Sa. De Bases	100	
Relaciones Catiónicas		
K/ Mg	0.25	Normal
Ca/ Mg	4.57	Normal

FUENTE: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes, UNALM

Según el análisis el suelo, presenta una textura franca, no presenta problemas de salinidad (muy ligeramente salino), con pH moderadamente alcalino, y bajo porcentaje de materia orgánica, característico de un suelo de costa. Posee baja capacidad de intercambio de cationes, el de contenido de fósforo y potasio se encuentra en un nivel medio, al igual que el Magnesio y el Calcio, tal como se observa al analizar las relaciones catiónicas.

3.3. Material genético

El cultivar que se utilizó para el experimento fue 'Black fire'. Este cultivar es un híbrido diploide, con cáscara de color verde intenso, y pulpa de color rojo intenso. Tiene una buena cobertura de planta y excelente potencial de producción. Algunas de las principales características del cultivar son:

- Precocidad: Ciclo dura de 85 a 90 días
- Resistente al trasplante
- Alto vigor de la planta
- Peso de fruto: 10 a 14 Kg
- Frutos por planta: 3 a 4
- Brix: 12 (Dulce)
- Tolerante a Mildiu
- Buena resistencia al transporte y a la post-cosecha

3.4. Otros materiales

Para la instalación del experimento se emplearon:

- Carteles de madera
- Cordel
- Balanza
- Cámara digital
- Equipo de aplicación.
- 20 Carteles de madera

Herramientas:

- Picota
- Wincha
- Estacas
- Palas
- Carretillas
- Cuchillas

Insumos:

- Cal
- Fertilizantes
- Insecticidas
- Fungicidas
- Estiércol

Asimismo, durante las evaluaciones de calidad se utilizaron refractómetros, tabla Munsell para la determinación del color, Vernieres, una Balanza digital, estufa, entre otros materiales de laboratorio.

Los fertilizantes utilizados para el experimento se muestran en el Cuadro 8. Son las fuentes de uso común en el valle de Cañete.

Cuadro 8: Fertilizantes usados en el experimento.

Fuente	Ley
Nitrato de Amonio	33% N
Fosfato Diamónico	18% N, 46% P ₂ O ₅
Sulfato de Potasio	50% K ₂ O
Sulpomag	22% K ₂ O, 18% MgO, 22% S

3.5. Factores en estudio

Con el objetivo de determinar el efecto que tiene la fertilización potásica en la producción y calidad del cultivo de sandía se evaluaron cinco tratamientos, en los cuales se aplicaron diferentes dosis de potasio. Se aplicó la misma dosis tanto de Nitrógeno como de Fósforo (220 de N y 184 de P₂O₅). El tratamiento testigo no recibió ningún tipo de fertilizante. Los tratamientos evaluados se detallan en la Cuadro 9.

Cuadro 9: Factores en Estudio: Niveles de Fertilización Potásica.

Tratamiento	Clave	Categoría	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
T-1	K ₀₀	Testigo absoluto	0	0	0
T-2	K ₀	Testigo	220	184	0
T-3	K ₁	Bajo	220	184	160
T-4	K ₂	Medio	220	184	210
T-5	K ₃	Alto	220	184	260

3.5.1. Características del campo experimental

Las características del área experimental fueron las siguientes:

- Unidad Experimental (U.E.)
 - Largo : 5 m
 - Ancho : 15 m
 - Área : 75 m²
 - N° de U.E. : 20

- Bloque
 - Longitud de bloque: 5 m
 - Ancho de bloque : 75 m
 - Área de cada bloque: 375 m²
 - Número de bloques: 4

- Calles
 - Número de calles : 5
 - Largo de calles : 1 m
 - Ancho de calles : 75 m
 - Área de calles : 75 m²

- Área Total : 1875 m²

En la Figura 2 se observa la distribución de las Unidades Experimentales del presente ensayo.

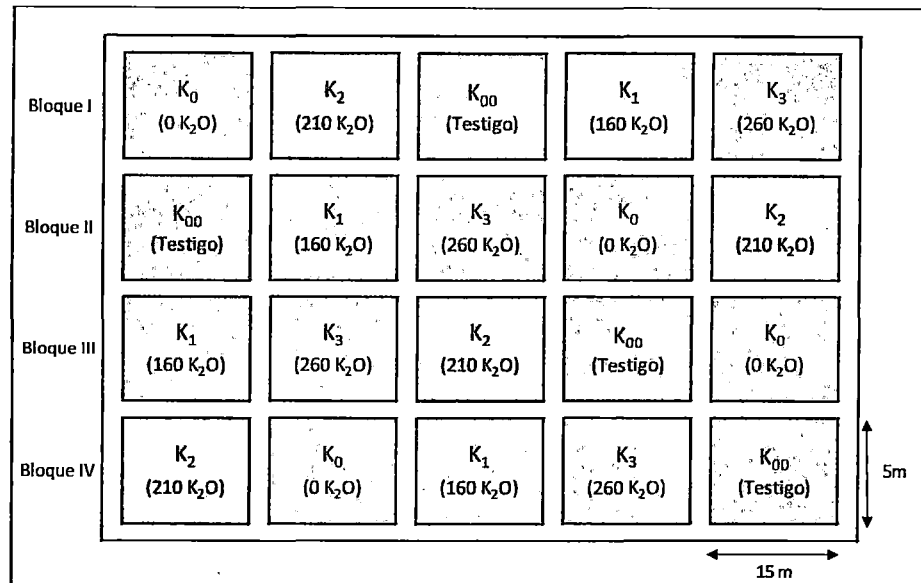


Figura 2: Distribución de las unidades experimentales.

3.6. Diseño experimental

El diseño experimental empleado en el ensayo fue el de Bloques Completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones, asignando aleatoriamente niveles de fertilizante potásico a cada parcela dentro de cada bloque. Los datos colectados en las diferentes características evaluadas fueron procesados empleando el software estadístico SAS, para el Análisis de varianza (ANVA), y la comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$).

3.7. Manejo del Experimento

Con el objeto de mantener limpio el cultivo se realizaron todas las labores y prácticas agrícolas necesarias para el normal desarrollo, según se resumen a continuación, y se detallan en el Anexo 1.

Preparación del terreno

La preparación de terreno consistió en remover y voltear la capa arable del suelo a una profundidad aproximada de 30 cm, luego se procedió a surcar.

Siembra

Se efectuó siembra indirecta (trasplante). El trasplante se realizó el 22 de Noviembre. Los plantines fueron obtenidos del vivero SF Almacigos de Chincha, y tuvieron una edad de 30 días al momento de ser trasplantadas. Los plantines fueron desinfectados, como tratamiento preventivo contra enfermedades fungosas. El distanciamiento entre planta fue de 1 metro, teniendo una población total de 4000 plantas de sandía por hectárea.

Fertilización química

La fertilización se realizó en dos fraccionamientos, el 40 por ciento del fertilizante potásico se aplicó 15 días después del trasplante, el porcentaje restante se aplicó durante la segunda fertilización a los 38 días después del trasplante.

Control de malezas

El manejo de malezas se realizó en forma manual durante todo el desarrollo del cultivo, se procuró mantener el campo libre de malezas que afecten al cultivo por competencia u por hospedar plagas o enfermedades.

Cambio de surco

El cambio de surco se realizó 40 días después del trasplante, durante este procedimiento se eliminó el surco mellizo.

Riego

El riego fue por gravedad, iniciando con el riego de machaco, y seguidamente el riego de enseño dos días antes del trasplante. Los riegos se realizaron en un inicio, semanalmente, con una duración de tres horas. Posteriormente fueron programados de acuerdo a las necesidades del cultivo y a las condiciones climáticas de la zona.

Controles Fitosanitarios

Se evaluó constantemente la presencia de plagas y enfermedades para prevenir los daños ocasionados por los mismos. La principal plaga que se presentó fue *Prodiplosis longifila*.

Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica. Se realizaron tres cosechas, en las cuales se efectuó el pesaje de los frutos, para determinar los rendimientos.

3.8. Evaluaciones

3.8.1. Rendimiento

Este parámetro fue evaluado en cada cosecha, pesando los frutos provenientes de la cama central de cada unidad experimental. Asimismo se realizó el conteo de los frutos cosechados para la estimación del número de frutos producidos en cada uno de los tratamientos evaluados.

3.8.2. Calidad

3.8.2.1. Peso promedio de frutos:

Se calculó el peso promedio de los frutos obtenidos en cada uno de los tratamientos evaluados. Se evaluaron los frutos cosechados en la cama central de cada unidad experimental.

3.8.2.2. Tamaño del fruto

Este parámetro fue evaluado en cada cosecha. Se tomaron todos los frutos de cada tratamiento proveniente de la cama central de cada parcela y se registraron las medidas de su longitud y diámetro.

3.8.2.3. Contenido de Sólido Solubles

Se realizaron mediciones del porcentaje de sólidos solubles en el jugo de frutos maduros en los distintos tratamientos, mediante un refractómetro manual solo en la tercera cosecha. Esta evaluación se llevó a cabo en el Laboratorio de Horticultura de la Universidad Nacional Agraria La Molina con fruta proveniente de la cama central de cada uno de los tratamientos evaluados.

3.8.2.4. Grosor de Cáscara

En la misma muestra donde se evaluó los sólidos solubles se tomó las medidas del grosor de la cáscara y de la pulpa.

3.8.2.5. Contenido de Materia Seca

Se determinó en hojas, tallos y frutos. Esta evaluación se realizó después de la tercera cosecha.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento

En el Cuadro 10, Figura 3, se observa que los rendimientos varían de 19.22 t/ha a 36.12 t/ha. El mayor rendimiento se observó en el nivel K₁ (160 kg/ha de K₂O) y el menor en el nivel K₀₀ (testigo sin aplicación de fertilizante alguno). No hubo diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5 por ciento, por lo que, bajo las condiciones del ensayo, los rendimientos obtenidos en todos los tratamientos fueron similares estadísticamente.

Cuadro 10: Rendimiento (t/ha) en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire' empleando diferentes niveles de fertilización potásica.

	Tratamiento	Rendimiento (t/ha)
K ₁	220 - 184 - 160	36.12 a*
K ₃	220 - 184 - 260	32.06 a
K ₀	220 - 184 - 0	29.43 a
K ₂	220 - 184 - 210	27.38 a
K ₀₀	0 - 0 - 0	19.22 a

* Promedios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes. (Prueba de Tukey, $\alpha < 0.05$). C.V.= 29.34%

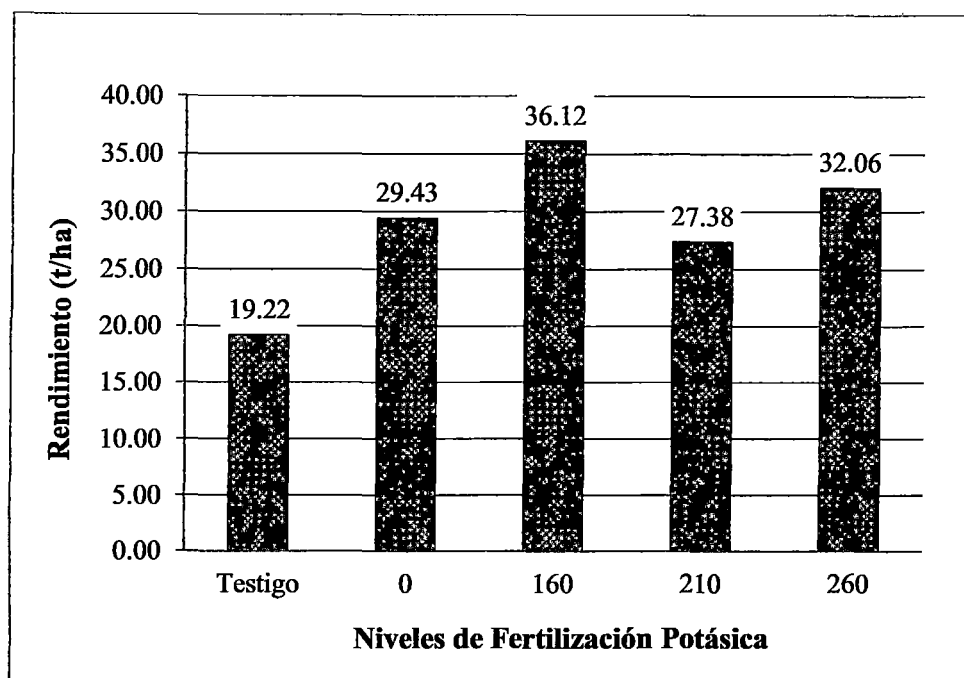


Figura 3: Efecto de niveles de fertilización potásica en el rendimiento del cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.

Se puede observar que la mayor dosis de aplicación de Potasio (260 kg/ ha de K_2O) no obtuvo el mejor rendimiento, sino la dosis más baja de Potasio (160 kg/ ha de K_2O). Esto puede deberse a que, pese a que el exceso de potasio no ocasiona fitotoxicidad en la mayoría de los cultivos, su exceso en los suelos ocasiona un desbalance en el contenido y capacidad de absorción del calcio y magnesio. En la literatura se señala que los umbrales críticos de relaciones entre estos cationes son: $Ca/K= 13:1$; $Ca/Mg= 3-15:1$ y $Ca + Mg/K= 7-11:1$, mientras que la relación ideal $K: Mg: Ca$ 1:3:9 a 1:5:25.

Analizando estos valores y comparándolos con los niveles de nutrientes registrados durante el análisis de suelo, se observa que las relaciones catiónicas antes de realizarse las fertilizaciones se encuentran dentro de los rangos normales. Sin embargo, durante el ciclo fenológico del cultivo se incrementó el nivel de potasio, más no de los cationes Calcio y Magnesio, lo cual pudo ocasionar una variación en la relación de estos cationes, en detrimento del contenido de Magnesio. Salisbury y Ross (1994) afirman que el magnesio además de tener presencia en la clorofila, es esencial porque se combina con el ATP, permitiendo así que participe en muchas

reacciones, y porque activa muchas enzimas necesarias en la fotosíntesis, respiración y formación de DNA y RNA.

El bajo rendimiento del Tratamiento sin fertilización alguna (0-0-0) se debe a que el suelo no contiene la cantidad suficiente de nutrientes para abastecer al cultivo durante la totalidad de su ciclo fenológico. Las deficiencias de potasio ocasionan la disminución de la fotosíntesis, y un incremento en la respiración, lo cual reduce seriamente la formación de carbohidratos y por consiguiente el crecimiento de la planta (Tisdale y Nelson, 1977), lo cual puede explicar los bajos rendimientos de los tratamientos sin Potasio y sin fertilización alguna (0-0-0).

En experimentos realizados por Okur y Yagmur (2004) en Turquía (Ege University - Facultad de Agricultura), se analizó la influencia del Potasio en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía, obteniéndose resultados similares a los del presente ensayo. Estos experimentos fueron realizados en suelos con características diferentes a las características de la zona de Cañete: suelos ligeramente alcalinos de textura franco arenoso, alto contenido de Carbonatos y bajo contenido de materia orgánica. La cantidad total de Nitrógeno y Fósforo disponible se encontraban en cantidad necesaria, sin embargo el potasio era insuficiente. Bajo estas condiciones se aplicó fertilizante potásico en las dosis de 120, 240 y 360 kg/ha de K_2O , las dosis de Nitrógeno y Fósforo se mantuvieron constantes para todos los tratamientos (120 kg de N y 80 kg de P_2O_5). Además se trabajó con un testigo absoluto, el cual no recibió ninguna fertilización.

En este experimento se determinó que a mayor dosis de fertilización potásica se obtiene un mayor rendimiento. Sin embargo, el incremento de Potasio fue positivo para el cultivo hasta la dosis de 240 kg/ ha, a partir de este punto el rendimiento disminuyó.

Aliyu et al. (2013), realizó experimentos en este cultivo, partiendo de la premisa de que la sandía responde positivamente a la aplicación de fertilizantes, reconociendo además la importancia de la densidad de siembra en la determinación de la dosis de fertilización. Por tal motivo realizó experimentos con el objetivo de determinar el efecto de los niveles de fertilizantes NPK y de espaciamento en el crecimiento y

rendimiento de sandía. Se aplicaron 4 niveles de NPK (20:10:10) a 0, 100, 150 y 200 kg/ha con tres diferentes espaciamientos (1 x 1.1, 1 x 1.5 y 1 x 2 m) combinados en un total de doce combinaciones de tratamientos.

El resultado de este estudio reveló que no hay diferencia significativa entre las dosis de fertilizantes usados, sin embargo, el rendimiento obtenido en los tratamientos fertilizados fue mejor que el obtenido en el testigo sin fertilización alguna. Por otra parte, no hubo diferencia significativa en la relación con el distanciamiento de plantas. El rendimiento más alto (63,6 t/ ha) se obtuvo de la combinación de 150 kg de fertilizante/ ha (30 kg/ha de K₂O) con 1 x 1,5 m de espaciamiento. Se observa que la dosis de fertilizante potásico aplicado en este estudio es mucho menor a la que se utilizó en el presente ensayo.

Con respecto al número de frutos por hectárea, en el Cuadro 11, Figura 4, se observa que varió de 2416.7 frutos/ha a 4250 frutos/ha. El mayor número de frutos se observó en el nivel K₁ (160 kg/ha de K₂O) y el menor en el nivel K₀₀ (testigo sin aplicación de fertilizante alguno). No hubo diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5 por ciento, por lo que, bajo las condiciones del ensayo, el número de frutos por hectárea fue similar estadísticamente en todos los tratamientos evaluados.

Cuadro 11: Número de frutos por hectárea en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire' empleando diferentes niveles de fertilización potásica.

Tratamiento		Numero de frutos/ha
K ₁	220 - 184 - 160	4250.0 a*
K ₃	220 - 184 - 260	3916.7 a
K ₀	220 - 184 - 0	3666.7 a
K ₂	220 - 184 - 210	3250.0 a
K ₀₀	0 - 0 - 0	2416.7 a

* Promedios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes. (Prueba de Tukey, $\alpha < 0.05$). C.V.= 37.09%

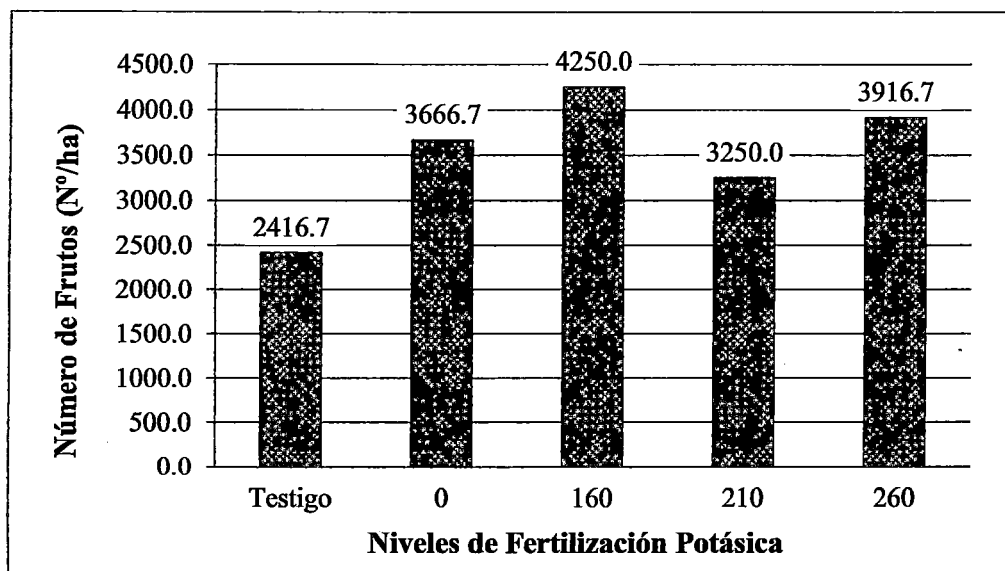


Figura 4: Efecto de niveles de fertilización potásica en el número de frutos por hectárea en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.

4.2 Calidad del fruto

En el Cuadro 12 se detallan los resultados obtenidos en las evaluaciones de calidad realizadas.

Cuadro 12: Efecto de niveles de potasio en el peso promedio (kg), largo (cm), diámetro (cm), grosor de cáscara (mm) y Sólidos Solubles en frutos de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.

Tratamiento	Peso Promedio (kg)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Grosor de Cáscara (mm)	Sólidos Solubles (%)
K ₀₀ 0 - 0 - 0	8.35 a*	32.84 a*	21.47 a*	15.5 a*	11.10 b*
K ₀ 220 - 184 - 0	7.85 a	32.41 a	20.20 a	12.1 a	12.05 ab
K ₁ 220 - 184 - 160	8.72 a	33.14 a	21.78 a	14.0 a	12.70 a
K ₂ 220 - 184 - 210	8.73 a	33.87 a	21.82 a	13.5 a	12.10 ab
K ₃ 220 - 184 - 260	8.52 a	31.40 a	21.13 a	14.0 a	12.45 ab
CV (%)	18.8	10.25	6.93	25.76	5.63

* Promedios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes. (Prueba de Tukey, $\alpha < 0.05$).

Peso promedio de Fruto

Puede observarse en el Cuadro 12 que el peso promedio del fruto varió de 7.85 a 8.72 kg. El mayor peso promedio se observó en el nivel K₁ (160 kg / ha de K₂O) y el menor en el nivel K₀ (220 - 184 - 0). No hubo diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5 por ciento, por lo que, bajo las condiciones del ensayo, los rendimientos obtenidos en todos los tratamientos fueron similares estadísticamente.

En la Figura 5 se observa que el mayor peso promedio de fruto se registró empleando 210 unidades de Potasio y el menor peso promedio se obtuvo cuando no se aplicó Fertilizante Potásico. Aplicaciones altas de Potasio (260 kg/ha) aparentemente no ayudan a mejorar el tamaño de la fruta bajo las condiciones del presente ensayo.

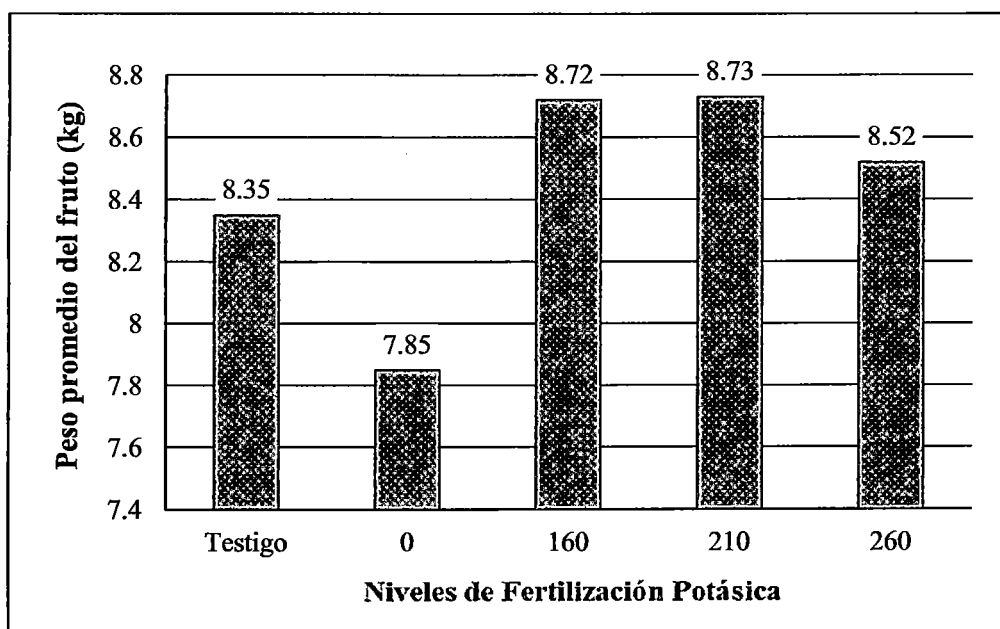


Figura 5: Efecto de niveles de fertilización potásica en el peso promedio de frutos (kg) de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.

Largo y Diámetro del Fruto

El largo del fruto varía de 31.40 cm a 33.87 cm. El mayor valor se observó en el nivel de Potasio de 210 kg de K₂O/ha y el menor valor se obtuvo empleando 260 kg de K₂O/ha. No hubo diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5 por ciento, lo que nos indica que todos los valores fueron similares estadísticamente.

Para el caso del diámetro del fruto, esta característica varió de 20.20 cm a 21.82 cm. El mayor valor se vuelve a observar con 210 kg de K_2O /ha y el menor valor empleando 260 kg de K_2O /ha. Tampoco hubo diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5 por ciento, esto nos indica que los niveles de Potasio evaluados no afectan esta característica.

Grosor de Cáscara

El valor del grosor de cáscara varió de 12.1mm a 15.5 mm (Cuadro 12, Figura 6). Los mayores valores se hallaron en el tratamiento sin fertilización alguna, mientras que el menor valor se registró empleando 0 kg/ ha de K_2O . Según la comparación de medias empleando la prueba de Tukey al 5 por ciento todos los valores de los diferentes tratamientos fueron similares estadísticamente por lo que puede mencionarse que los niveles de Potasio evaluados no afectan esta característica. El grosor de la cáscara es importante ya que tiene relación con el rajado del fruto lo cual es importante para el manejo del fruto durante su comercialización.

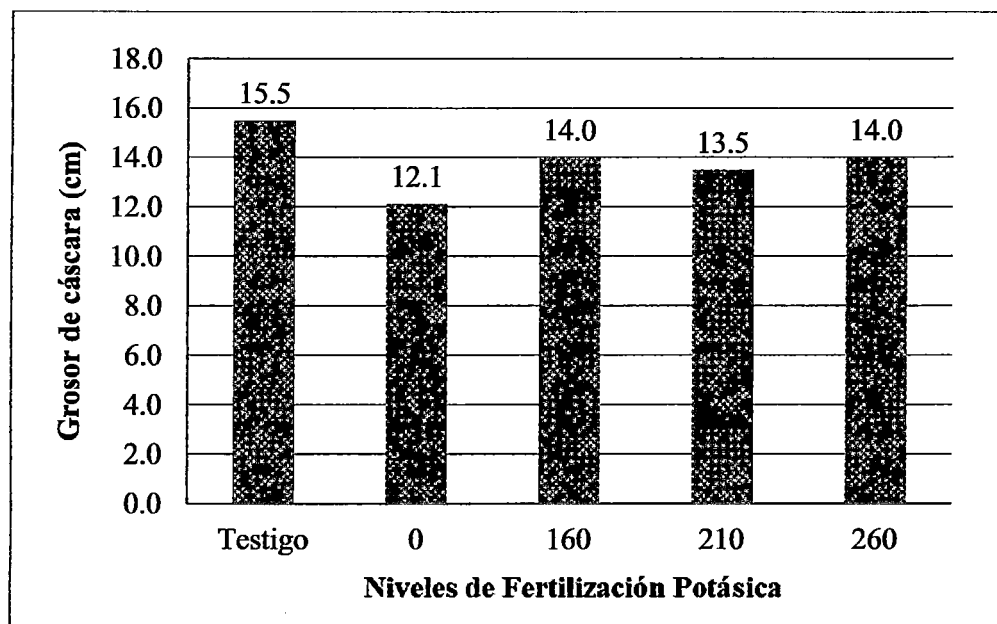


Figura 6: Efecto de niveles de fertilización potásica en el grosor de la cáscara (cm) de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.

Aguilar et al. (2010) realizaron estudios para evaluar las características de diferentes tipos y cultivares de sandía. Los resultados obtenidos en las evaluaciones de grosor de cáscara, para los cultivares de sandía de pulpa roja de calibre medio se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13: Grosor de Cáscara en cultivares de Sandía.

Cultivares	Grosor de Corteza (mm)
'Encanto'	16.00
'Reina de Corazones	15.00
'Motril'	14.67
'Trix Paula'	14.00
'Boston'	14.00
'Regus'	13.33
'RWT 8233'	13.00
'Deluxe (NUN 6021)'	11.33
'C-Zero'	11.33
'TWT 3605'	11.00
'TWT 2603'	10.67
'Bruselas'	10.67

FUENTE: Aguilar et al. (2010)

Si comparamos los resultados obtenidos en este experimento con los evaluados en el presente trabajo, y se considera un grosor promedio de corteza de 13.82 mm, se observa que el grosor de corteza del cultivar 'Black fire' se encuentra dentro del promedio del mercado, y se considera un atributo de importancia, sobre todo para el transporte de la fruta.

Porcentaje de Sólidos Solubles

Se observa en el Cuadro 12 que los niveles de Potasio evaluados si afectaron el Porcentaje de Sólidos solubles, en el cual se observaron diferencias significativas entre los niveles de fertilización evaluados, siendo el nivel de 160 kg/ha de Potasio el que obtuvo un mayor valor con 12.70° Brix, mientras que el valor más bajo se obtuvo en el tratamiento sin fertilización alguna (0 – 0 – 0) con 11.10° Brix.

Según la Prueba de Tukey, este tratamiento mostró el nivel más bajo de sólidos solubles con diferencia significativas al hallado empleando 160 kg/ha de Potasio (Figura 7).

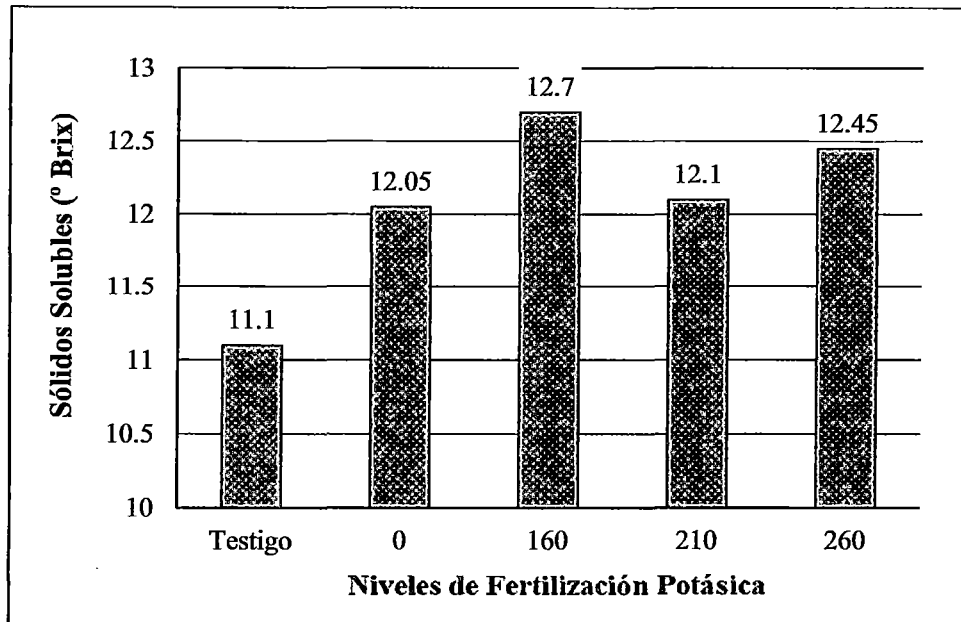


Figura 7: Efecto de niveles de Fertilización Potásica en el Contenido de Sólidos Solubles (°Brix) en frutos de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.

Se puede observar que el contenido de sólidos solubles fue mayor en los niveles en los cuales se aplicó fertilizantes. Si bien es cierto, solo hay diferencias significativas entre el nivel de Potasio de 160 kg/ha con respecto al valor obtenido sin fertilización alguna (0 – 0 – 0), aparentemente estos resultados nos indican que la fertilización tiene alguna influencia en el contenido de Sólidos Solubles en los frutos.

Los resultados son similares a los obtenidos en otros experimentos realizados en el cultivo de sandía. En Turquía, Okur y Yagmur (2004) realizaron un experimento probando las siguientes dosis de potasio: 120 kg/ha, 240 kg/ha y 360 kg/ha de K_2O . En este experimento se hallaron diferencias significativas al emplear la dosis de 360 kg/ha, alcanzándose un valor de 11.4 °Brix para el contenido de Sólidos solubles, para luego disminuir en la dosis más alta. Estos resultados muestran similitudes con los resultados obtenidos en este estudio.

Igualmente en estudios realizados en El Cairo - Egipto se evaluó el comportamiento de dos cultivares de sandía: 'Panther' y 'Sweet Marvel' frente a tratamientos adicionales de Potasio durante la floración y durante la etapa de cuajado de frutos. Se aplicó fertilizante a una dosis de 120 kg de N, 100 kg de P_2O_5 y 100 kg de K_2O dos semanas después del trasplante a todo el campo experimental por vía sistema de riego. Durante la floración se aplicó niveles de 125, 150 y 175 kg de Potasio adicional por golpes (Bassiany et al. 2012).

Posteriormente se evaluó las características físico-químicas de los frutos para todos los tratamientos. En lo relativo a la evaluación de Sólidos Solubles se observó que dosis altas de fertilizante potásico tienen un efecto positivo en los cultivares evaluados, al notarse el claro incremento de este valor en comparación con los tratamientos de dosis menores.

Según el Reglamento (CE) No 1862/2004 (2004), el cual describe las disposiciones relativas a la calidad de este cultivo, el índice refractométrico medido en la zona media de la pulpa del fruto debe ser igual o superior a 8°Brix. Observamos que para los cinco tratamientos evaluados se ha superado este valor mínimo, sin embargo el incremento de 4.7 °Brix alcanzado con el tratamiento con 160 kg/ha de Potasio le confiere a la fruta mayor calidad, al asegurar un mayor contenido de Sólidos Solubles.

Porcentaje de Materia Seca

Los valores de Materia Seca se resumen en la Cuadro 14. Se observa que el contenido de materia seca no fue afectado por los niveles de fertilización potásica en el caso de las Hojas y los Frutos. Sin embargo, el contenido de materia seca se incrementó en el caso de los tallos, siendo el tratamiento sin fertilización alguna el que obtuvo un mayor porcentaje de Materia Seca (13.56 por ciento), mientras que el menor valor se obtuvo en el tratamiento con 160 kg/ha de Potasio (10.89 por ciento).

Cuadro 14: Efecto de niveles de potasio en el Porcentaje de Materia Seca en hojas, tallos y frutos de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.

Tratamiento	Hojas	Tallos	Frutos
K ₀₀ Testigo	17.13 a*	13.56 a*	1.61 a*
K ₀ 0 - 0 - 0	16.48 a	11.38 ab	1.75 a
K ₁ 220 - 184 - 160	16.20 a	10.89 b	2.01 a
K ₂ 220 - 184 - 210	16.25 a	12.04 ab	1.51 a
K ₃ 220 - 184 - 260	16.68 a	11.57 ab	1.92 a
CV (%)	8.08	8.12	7.71

* Promedios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes. (Prueba de Tukey, $\alpha < 0.05$).

Se puede observar que para el caso de los frutos, el incremento en la dosis de Fertilización Potásica tiene efectos positivos alcanzando su pico en el nivel de Potasio de 160 kg/ha, para luego descender en los tratamientos de dosis más altas. El contenido de materia seca del fruto está directamente relacionado con el contenido de azúcar total, cuyos resultados se corresponden con lo que se muestra en este parámetro, donde el nivel de fertilización de 160 kg/ha obtuvo el mayor contenido de Sólidos Solubles, para luego disminuir en los otros tratamientos.

Los tratamientos con mayor dosis de Potasio (Tratamientos 210 y 260 kg/ ha de Potasio) demostraron menor porcentaje de materia seca y de sólidos solubles en el fruto. Esto se explica a través de la competencia que existe entre el potasio y el magnesio, donde altos niveles del primer elemento pueden originar deficiencias en el segundo, siendo este el átomo central de la molécula de clorofila. Según Loomis y Connor (1998), los principales factores que afectan el rendimiento en materia seca son la absorción de la radiación solar y la eficiencia de utilización de esa energía. Sin limitaciones hídrico-nutricionales, la producción de biomasa es producto del proceso de fotosíntesis, cuya fuerza motriz es la radiación solar interceptada principalmente por las hojas.

Durante la fructificación, mucha de los fotosintatos producidos por una planta se acumulan en los frutos (Carrillo y Ortiz, 2007). Se observa que en el tratamiento sin

aplicación de fertilizante alguno, que reporta los mayores valores de materia seca en tallos y hojas, posee el menor contenido de materia seca en frutos y a su vez el menor porcentaje de Sólidos solubles en los frutos evaluados. Esto se puede deber a que la falta de nutrientes ocasiona un deficiente transporte fotosintatos, y por consiguiente una calidad menor a la de los otros tratamientos evaluados que presentan mayor porcentaje de sólidos solubles como se menciona anteriormente.

V. CONCLUSIONES

No se encontró diferencias estadísticas significativas en cuanto al rendimiento del cultivar 'Black fire' en los niveles de fertilización evaluados bajo las condiciones ambientales de la zona de Cañete, sin embargo cabe señalar que el Tratamiento K₁ (220 - 184 - 160) presentó el mayor rendimiento con 36.12 t/ha a diferencia del Testigo absoluto con solo 19.22 t/ha.

Del mismo modo, el Tratamiento K₁ (220 - 184 - 160) obtuvo los mejores resultados en las evaluaciones de calidad del fruto, evidenciándose en los resultados obtenidos en la evaluación de Contenido de Sólidos Solubles, donde se obtuvo el mayor valor con 12.7° Brix, en comparación con el testigo absoluto.

Las evaluaciones del tamaño del fruto (Largo y Diámetro del fruto) y grosor de la cáscara no mostraron variaciones significativas entre los niveles de fertilización potásica evaluados, por lo cual se concluye que no hay un efecto directo en estos parámetros.

El testigo absoluto obtuvo el menor rendimiento, asimismo las evaluaciones de calidad como porcentaje de sólidos solubles y materia seca en tallos, hojas y frutos se hallaron deficientes en comparación con los niveles de fertilización evaluados.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un mayor número de repeticiones, o caso contrario incrementar el área de las unidades experimentales en los estudios realizados en el cultivo, para evitar la alta variabilidad en las evaluaciones a realizar.
- El incremento en la Dosis de Fertilización Potásica, con aplicaciones directas al suelo, no resultó beneficioso en esta investigación para el cultivar híbrido 'Black fire' bajo las condiciones de la zona de Cañete. Sin embargo, tratándose de un cultivar híbrido nuevo, se recomienda realizar experimentos en zonas diferentes para evaluar si bajo condiciones ambientales y de suelo distintas la respuesta de este cultivar se muestra favorable.
- Realizar estudios para determinar el efecto de dosis de fertilización potásica entre 0 y 200 kg/ha de K_2O .
- Igualmente, se recomienda realizar experimentos aplicando Potasio por vía foliar, para contrastar estos resultados con los expuestos en la presente tesis.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, JM; Baixauli, C; Giner, A; Juan, F; Núñez, A. 2010. Estudio de Diferentes Tipos y cvs. de Sandía (en línea). Valencia, ES. Consultado 25 abr. 2013. Disponible en:
<http://www.ivia.es/documentos/objetivosproyectos/ruralcaja2010/ensayos/S6.pdf>
2. Aliyu, M; Sabo, MU; Shuaibu YM; Wailare, MA; Jari, S. 2013. Effect of NPK fertilizer and spacing on growth and yield of watermelon (*Citrillus lanatus L.*) in Kaltungo Local Government area of Gombe State, Nigeria. *Scholarly Journal of Agricultural Science*. 3(8): 325-330 p.
3. Alvarado, P; Escalona, V; Martin, A; Monardes, H; Urbina, C. (2009) Manual del Cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo*). Chile. Nudo Hortícola. 51 p.
4. Bassiany, AM; Fawzy ZF; Glala AA. 2012. Responses of Two Watermelon Cultivars to supplemental Potassium Application and Fruit Thinning. *Journal of Applied Sciences Research*. 8(5): 2732 – 2740 p.
5. Bolaños, A. 2011. Introducción a la Olericultura. San José, CR. Universidad Estatal a Distancia. 353 p.
6. Cabrera, I; Fornaris, G; Martinez SL; Ortiz, C; Rivera, LE; Semidey, N. 2000. Conjunto tecnológico para la producción de Sandía. Ed. W Lugo. Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico. 40 p.
7. Cadena Hortofrutícola de Córdoba. 2008. Guía Técnica para el cultivo de la “Sandía” (en línea). Córdoba, CO. Consultado 4 mayo 2013. Disponible en:
<http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli/418sandia.pdf>

8. Carrillo, JC; Ortiz, YD. 2007. Producción de Tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill.) hidropónico con Sustratos, bajo invernadero. Tesis Mag. Sc. Santa Cruz Xoxocotlán, MX. Instituto Politécnico Nacional. 159 p.
9. Chemonics International, Inc. 2010. Guía para el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) (en línea). Nicaragua. Consultado 17 abr. 2013. Disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517s.pdf>
10. CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2000. El Cultivo de la Sandía o Patilla (*Citrullus lanatus*) en el departamento del Meta. Ed. Jaramillo, CA. Meta, CO. Ministerio de Agricultura. 24 p.
11. Dangler, JM; Welch FM; Whigham, MW. 2001. Watermelon Grader's Guide. (en línea). Alabama, US. Consultado 10 marz. 2014. Disponible en: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0681/ANR-0681.html>
12. Diario Oficial de la Unión Europea. 2004. Reglamento (CE) No 1862/2004 de la Comisión de las Comunidades Europeas. (en línea). Bruselas, BE. Consultado 22 oct. 2013. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2004/325/L00017-00022.pdf>
13. FAO (Food and Agriculture Organization) Land and Water Division. 2013. Crop Water Information: Watermelon (en línea). Roma, IT. Consultado 17 abr. 2013. Disponible en: http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_watermelon.html
14. García, EI. 1999. Efecto de la relación potasio/ calcio en el rendimiento de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Emperor' bajo R.L.A.F. exudación. Tesis Lic. Ing. Agr. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 73 p.
15. Kole, C. 2011. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Vegetables. South Carolina, US. Springer. 277 p.
16. Lazcano, I. 1996. Aplicaciones de Potasio pueden ahorrar mucha agua. (en línea). México. Consultado 22 oct. 2013. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/A3CB172E5D89780E06256B8000675CB4/\\$file/IA+1-5.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/A3CB172E5D89780E06256B8000675CB4/$file/IA+1-5.pdf)

17. Lester, GE; Jifon, JK; Makus DJ. 2007. Impact of Potassium Nutrition on Food Quality of Fruits and Vegetables: A Condensed and Concise Review of the Literature. *Better Crops*. 94(1): 18 – 21 p.
18. Loomis, RS; Connor, DJ. 1998. *Crop ecology: Productivity and management in Agricultural systems*. United Kingdom. Cambridge University Press. 538 p.
19. Manual del Exportador de Frutas, Hortalizas y Tubérculos. 2000. Normas de calidad: Sandía o Patilla - Watermelon. (en línea). Colombia. Consultado 17 abr. 2013. Disponible en: <http://interletras.com/manualCCI/Frutas/Sandia/Calidad01.htm>
20. Maroto, JV; Miguel, A; Pomares, F. 2002. *El cultivo de la Sandía*. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 322 p.
21. Mendoza, DN. 2009. Incidencia del número de guías principales sobre la producción orgánica de Sandía (*Citrullus vulgaris*) en dos cultivares (Royal Charleston y Paladín). Tesis Lic. Ing. Agr. Riobamba, EC. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 76 p.
22. Navarro, G. 2003. *Química Agrícola*. 2 ed. Madrid, ES. Mundi - prensa. 492 p.
23. Okur, B; Yagmur, B. 2004. Effects on enhanced potassium doses on yield, quality and nutrient uptake of Watermelon (en línea). Morocco, Ege University. Consultado 7 oct. 2013. Disponible en:
<http://www.ipipotash.org/udocs/Effects%20on%20Enhanced%20Potassium%20Doses%20on%20Yield%20Quality%20and%20Nutrient%20Uptake%20of%20Watermelon.pdf>
24. Salisbury, FB; Ross, CW. (1994). *Fisiología Vegetal*. Ed. N Grepe. Trad. V González. 4 ed. México. Iberoamérica. 760 p.
25. Thompson, LM; Troeh, FR. 2002. *Los suelos y su Fertilidad*. 4 ed. Barcelona, ES. Reverté. 657 p.
26. Tisdale, SL; Nelson, WL. 1977. *Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes*. 2 ed. México. UTEHA. 760 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Labores culturales realizadas en el cultivo de Sandía cv. 'Black fire'.

DDT	FECHA	Labores	Mano de Obra (S/.)	Insumos	Costo (S/.)
0	17/09/2012	Riego de machaco	34.98	-	0.00
0	19/11/2012	Preparación de terreno	512.98	Petróleo	1044.63
0	20/11/2012	Riego de enseño	56.73	-	0.00
0	22/11/2012	Desinfección de plantines	207.98	Petróleo	164.40
				Acidificante	0.98
				Oxamil 235 SL	36.00
				Benalaxil 20 , Mancozeb 650 WP	13.50
0	22/11/2012	Trasplante	53.87	Semilla de Sandía	2400.00
				Plantines de Sandía	1456.00
				Petróleo	41.10
1	23/11/2012	Riego	27.5	-	0.00
1	23/11/2012	Deshierbo	25.00	-	0.00
2	24/11/2012	Control fitosanitario	80	Afrecho	96.00
				Chlorpyrifos 480 EC	31.20
				Melaza	5.76

Labores culturales: CONTINUACIÓN.

DDT	FECHA	Labores	Mano de Obra (S/.)	Insumos	Costo (S/.)
3	25/11/2012	Riego	39.42	-	0.00
5	27/11/2012	Riego	13.75	-	0.00
	03/12/2012	Riego	25.00	-	0.00
12	04/12/2012	Control fitosanitario	53.22	Acidificante	3.30
				Spirotetramat 240 SC	145.19
				Beta cyflutrin 50 EC	23.36
12	04/12/2012	Deshierbo	29.97	-	0.00
15	07/12/2012	Fertilización	356.98	Nitrato amonio	1155.00
				Fosfato diamónico	3165.00
				Sulfato potasio	1055.00
				Sulpomag	335.00
				Guano (sacos)	60.00
		Petróleo	3.43		
20	12/12/2012	Cultivo	39.09	Petróleo	82.20
20	12/12/2012	Guiado de planta	39.96	-	0.00
23	15/12/2012	Deshierbo	605.50	Petróleo	41.10
24	16/12/2012	Riego	26.61	-	0.00

- 43776

Labores culturales: CONTINUACIÓN.

DDT	FECHA	Labores	Mano de Obra (S/.)	Insumos	Costo (S/.)
25	17/12/2012	Control fitosanitario	78.18	Acidificante	4.94
				Clorfluazuron 5 EC	76.80
				Chlorpyrifos 480 EC	23.40
				Spirotetramat 240 SC	217.78
27	19/12/2012	Deshierbo	266.97	Glyphosate 48 SC	15.50
				Petróleo	3.43
30	21/12/2012	Deshierbo	130.63	-	0.00
32	24/12/2012	Control fitosanitario	53.22	Acidificante	6.59
				Spinetoram 600 SC	151.53
				Alpha-cypermethrin 100 EC	42.69
				Azufre 800 WG	28.52
				Petróleo	33.03
				Aceite	15.00
32	24/12/2012	Guiado de planta	24.19	-	0.00
34	26/12/2012	Riego	26.61	-	0.00

Labores culturales: CONTINUACIÓN.

DDT	Fecha	Labores	Mano de Obra (S/.)	Insumos	Costo (S/.)
34	26/12/2012	Control fitosanitario	53.22	Acidificante	6.76
				Spirotetramat 240 SC	396.84
				Imidacloprid 350 SC	155.80
				Gasolina	29.60
				Aceite	15.00
				Petróleo	3.43
37	29/12/2012	Deshierbo	104.02	-	0.00
38	30/12/2012	Fertilización	479.16	Nitrato amonio	2265.00
				Fosfato diamónico	955.00
				Sulfato de potasio	2020.00
41	02/01/2013	Riego	26.61	-	0.00
43	04/01/2013	Control fitosanitario	159.72	Acidificante	11.04
				Spirotetramat 240 SC	486.37
				Chlorpyrifos 480 EC	83.96
				Spinetoram 600 SC	214.40
				Azufre 800 WG	55.25
				Petróleo	48.10
				Aceite	24.00

Labores culturales: CONTINUACIÓN.

DDT	Fecha	Labores	Mano de Obra (S/.)	Insumos	Costo (S/.)
46	07/01/2013	Deshierbo	282.93	-	0.00
47	08/01/2013	Guiado de planta	79.83	-	0.00
47	08/01/2013	Deshierbo	119.745	Acidificante	2.85
				Paraquat 200 SL	30.00
48	09/01/2013	Control fitosanitario	186.33	Acidificante	15.20
				Thiamethoxam 141, lambda-cyhalothrin 106 SC	587.88
				Fipronil 200 SC	368.00
				Petróleo	19.62
				Aceite	30.00
48	09/01/2013	Riego	26.61	-	0.00
51	12/01/2013	Riego	4.16	-	0.00
53	14/01/2013	Control fitosanitario	214.64	Acidificante	14.17
				Benfuracarb 400 EC	451.50
				Phentoathe 500 EC	215.00
				Spirotetramat 240 SC	9.68
				Aceite	32.00
				Petróleo	13.70
56	17/01/2013	Riego	13.305	-	0.00

Labores culturales: CONTINUACIÓN.

DDT	Fecha	Labores	Mano de Obra (S/.)	Insumos	Costo (S/.)
60	21/01/2013	Control fitosanitario	236.28	Acidificante	14.50
				Spirotetramat 240 SC	638.81
				Metamidofos 600 SL	88.60
				Fipronil 200 SC	303.60
				Petróleo	62.90
				Aceite	32.00
61	22/01/2013	Riego	26.61	-	0.00
68	29/01/2013	Control fitosanitario	114.84	Acidificante	14.01
				Benfuracarb 400 EC	420.00
				Thiamethoxam 141, lambda-cyhalothrin 106 SC	36.74
				Chlorpyrifos 480 EC	10.44
				Petróleo	62.90
				Aceite	32.00
69	30/01/2013	Riego	6.66	Petróleo	20.55
74	04/02/2013	Deshierbo	27.5	-	0.00
75	05/02/2013	Riego	27.5	-	0.00

Labores culturales: CONTINUACIÓN.

DDT	Fecha	Labores	Mano de Obra (S/.)	Insumos	Costo (S/.)
83	13/02/2013	Cosecha	269.96	-	0.00
84	14/02/2013	Guiado de planta	13.75	-	0.00
84	14/02/2013	Riego	27.5	-	0.00
86	16/02/2013	Control fitosanitario	110	Acidificante	8.24
				Fipronil 200 SC	184.00
				Petróleo	50.15
				Aceite	15.00
96	26/02/2013	Cosecha	746.2	Petróleo	34.25
98	28/02/2013	Riego	36.1	-	0.00
109	11/03/2013	Cosecha	390.945	Petróleo	123.30
SUBTOTAL (S/.)			6,698.90		22689.48
TOTAL (S/.)					29,388.38

ANEXO 2. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'

Cuadro 15. Rendimiento obtenido durante la primera cosecha de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire' (kg/ ha).

Bloque	I		II		III		IV	
	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)
K ₀₀ 0-0-0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K ₀ 220-184-0	0.0	0.0	0.0	0.0	666.7	9666.7	1333.3	15333.3
K ₁ 220-184-160	333.3	5666.7	666.7	6666.7	1000.0	10666.7	333.3	5000.0
K ₂ 220-184-210	1000.0	9666.7	333.3	4666.7	1000.0	11333.3	333.3	5666.7
K ₃ 220-184-260	0.0	0.0	333.3	5833.3	1000.0	11333.3	1000.0	11500.0

Cuadro 16. Rendimiento obtenido durante la segunda cosecha de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire' (kg/ parcela).

Bloque	I		II		III		IV	
	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)
K ₀₀ 0-0-0	1333.3	8766.7	1333.3	14966.7	2666.7	20300.0	2333.3	20733.3
K ₀ 220-184-0	1000.0	7533.3	2333.3	15966.7	2333.3	19466.7	2333.3	20000.0
K ₁ 220-184-160	1333.3	14900.0	4000.0	31366.7	2666.7	23566.7	3666.7	30800.0
K ₂ 220-184-210	2333.3	15600.0	1333.3	11533.3	1333.3	14100.0	666.7	7600.0
K ₃ 220-184-260	2666.7	22966.7	2333.3	24400.0	3666.7	24233.3	1333.3	9233.3

Cuadro 17. Rendimiento obtenido durante la tercera cosecha de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire' (kg/ parcela).

Bloque	I		II		III		IV	
	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Nº frutos (nº/ha)	Rendimiento (kg/ha)
K ₀₀ 0-0-0	333.3	1766.7	0.0	0.0	1333.3	7133.3	333.3	3200.0
K ₀ 220-184-0	1000.0	7666.7	1000.0	5433.3	1666.7	10300.0	1000.0	6333.3
K ₁ 220-184-160	666.7	2900.0	666.7	4066.7	666.7	3133.3	1000.0	5733.3
K ₂ 220-184-210	1666.7	11166.7	1333.3	7700.0	333.3	1633.3	1333.3	8866.7
K ₃ 220-184-260	1666.7	7933.3	333.3	2266.7	1000.0	5666.7	333.3	2866.7

ANEXO 3. EVALUACIONES DE CALIDAD EN EL CULTIVO DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'

Bloque	Tratamiento	Peso	Largo	Diámetro	%SS	Grosor cáscara
A	K ₀₀ 0-0-0	8.3	31.5	23	11.6	1.2
	K ₀ 220-184-0	7.7	33.4	19.1	11.4	1.05
	K ₁ 220-184-160	8.5	34.5	20.6	12.8	1
	K ₂ 220-184-210	6.7	25.4	21.8	12.2	1.1
	K ₃ 220-184-260	12.6	37.6	24.5	13	1.8
B	K ₀₀ 0-0-0	10.2	37	22.4	11.4	1.1
	K ₀ 220-184-0	9.6	33.2	21	12.2	1
	K ₁ 220-184-160	9.6	37.4	20.9	12	1.4
	K ₂ 220-184-210	10.3	32.9	24.2	12.6	1.35
	K ₃ 220-184-260	9.4	33	20.8	11.2	1.1
C	K ₀₀ 0-0-0	11	36.7	22.7	11.2	1.4
	K ₀ 220-184-0	9.5	33.1	22.3	12.2	1.4
	K ₁ 220-184-160	13.6	42	22.2	14	1.9
	K ₂ 220-184-210	10.4	30.6	24.4	12.4	1.4
	K ₃ 220-184-260	4.4	24.7	18.2	13	1.3
D	K ₀₀ 0-0-0	9.6	32.4	23	10.2	2.5
	K ₀ 220-184-0	10.9	36.2	23.2	12.4	1.4
	K ₁ 220-184-160	5.6	27.9	18.2	12	1.3
	K ₂ 220-184-210	11.9	42	21.5	11.2	1.55
	K ₃ 220-184-260	9.5	37	21.4	12.6	1.4

ANEXO 4: GALERÍA FOTOGRÁFICA



Figura 8: Demarcación de Unidades Experimentales. Fundo IRD Cañete.



Figura 9: Trasplante de Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.

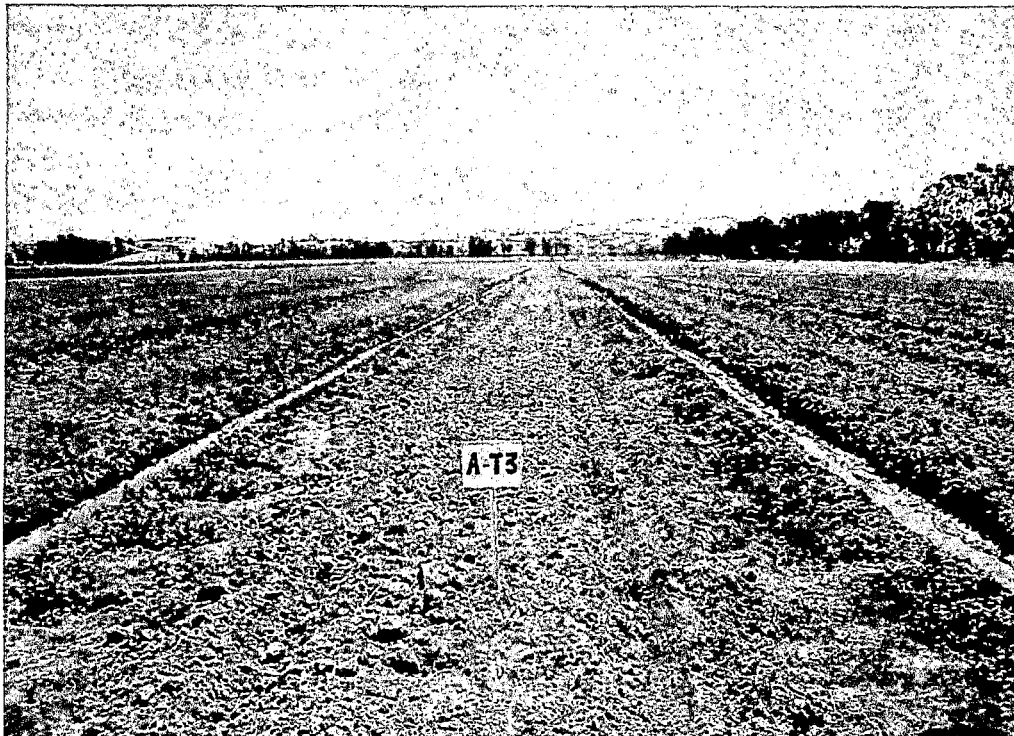


Figura 10: Cultivo de Sandía Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire' 20 DDT.



Figura 11: Preparación de mezcla de fertilizantes.



Figura 12: Fertilización del Cultivo de Sandía Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.



Figura 13: Cosecha del Cultivo de Sandía Sandía (*Citrullus lanatus*) cv. 'Black fire'.