



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA**

Trabajo de diploma

TEMA:

**Evaluación del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L)
variedad Mickey Lee utilizando sustratos mejorados y
determinación de los coeficientes “Kc” y “Ky”, bajo riego.**

Finca Las Mercedes, Managua, 2009.

CARRERA:

Ingeniería Agrícola Para el Desarrollo Sostenible.

AUTOR:

Br. Rosita Fidelina González García

ASESORES:

**Ing. Miguel Jerónimo Ríos
Ing. Msc. Emilio Marrero
Ing. Arnoldo Rodríguez Polanco**

Managua, Nicaragua Mayo, 2011.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA**

Trabajo de diploma

TEMA:

**Evaluación del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L)
variedad Mickey Lee utilizando sustratos mejorados y
determinación de los coeficientes “Kc” y “Ky”, bajo riego.**

Finca Las Mercedes, Managua, 2009.

CARRERA:

**Ingeniería Agrícola Para el Desarrollo
Sostenible.**

AUTOR:

Br. Rosita Fidelina González García

ASESORES:

**Ing. Miguel Jerónimo Ríos
Ing. Msc. Emilio Marrero
Ing. Arnoldo Rodríguez Polanco**

Managua, Nicaragua Mayo, 2011.

DEDICATORIA

Con respeto

Y

Devoción:

A Dios:

Dador de la vida

Autor y consumidor de la Fe

Con amor:

A mis padres:

Fausto Antonio González

María Luisa García

Con gratitud

A mis hermanos:

Gerardo González García

Geovanny González García

Con cariño:

A mis amigos:

Meyling Torrez Torrez

Jorge Peña Quiroz

Con admiración:

A mi abuelita:

Fidelina García Téllez

AGRADECIMIENTO

A ti oh **Dios** de mis padres, te doy gracias y te alabo, porque me has dado inteligencia y fuerza para alcanzar una de mis metas, gracias te doy oh **Shalóm**, gracias te doy, pues cercano esta tu nombre y los hombre cuentan tus maravillas.

A mis asesores; **Ing. Miguel Ríos, Ing. Arnoldo Polanco y el Msc. Emilio Marrero**, por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo de tesis.

A la dirección de producción (DIPRO) por el financiamiento en la ejecución de este trabajo investigativo.

A la dirección de investigación, extensión y postgrado (DIEP) en especial al **Dr. Freddy Alemán** por financiar esta investigación y al **Ing. Roberto Larios** por el apoyo brindado a través de los años de nuestra carrera y en nuestra tesis.

Al programa de servicios estudiantiles de la Universidad Nacional Agraria, especialmente a la **Lic. Idalia Casco** por permitirme ingresar al programa de becas externas durante los cuatro años y medios de mi carrera, y al personal del Centro de Investigación y Documentación Agropecuaria (CENIDA) de nuestra alma mater por su valiosa colaboración la que fue de mucha importancia para nuestra formación profesional.

Al **Dr. Victor Aguilar** Bustamante por haberme brindado su ayuda para obtener la beca tesis.

Al **Msc. Leonardo García** por haber contribuido en la realización de este estudio al igual con el **Ing. Ignacio Rodríguez**.

A mis compañeros de clase por haberme brindado su amistad durante el trayecto de mi aprendizaje; y de manera muy especial a mis amigos que estuvieron presente en uno de los momentos más importantes de vida.

A mis amigas **Lillian Torres, Ángela Polanco, MTT y JP** que de una u otra manera colaboraron para llegar a este momento tan esperado y que no solo estuvieron en los mejores momentos durante estos cinco años sino también en los difíciles

Al **Sr Roger Alvares, María José González, María Auxiliadora Rugáma y Francis Bobby** por haber ayudado en la realización y culminación del trabajo investigativo.

A la **Sra. Dolores Tablada** por haberme brindado información necesaria para la realización de este trabajo de tesis.

A nuestra alma mater Universidad Nacional Agraria y en particular al Departamento de Ingeniería Agrícola por contribuir a la formación de buenos profesionales.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLA	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
III. HIPÓTESIS	4
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	5
4.1. Ubicación del experimento	5
4.2. Descripción de la variedad	6
4.3. Diseño experimental	7
4.4. Descripción de los tratamientos	7
4.5. Manejo agronómico	7
4.5.1. Preparación del suelo	7
4.5.2. Siembra	8
4.5.3. Control de plagas	8
4.5.4. Control de malezas	8
4.5.5. Raleo	8

4.5.6.	Poda	8
4.5.7.	Aporque	8
4.5.8.	Cosecha	9
4.6.	Elaboración de los abonos orgánicos	9
4.6.1	Elaboración del compost	9
4.6.2.	Elaboración del bocashi	9
4.6.3.	Elaboración del biofertilizante	10
4.7.	Riego	11
4.7.1.	Instalación de tuberías	11
4.7.2.	Aforación de aspersores	12
4.7.3.	Pluviometría y cantidad de agua recogida	12
4.7.4	Porcentaje de humedad	12
4.7.5.	Densidad aparente	13
4.7.6.	Reservas de aguas iniciales y finales	13
4.7.7.	Evapotranspiración real	14
4.7.8.	Evapotranspiración máxima	14
4.8..	Variables de riegos	15
4.8.1.	Coefficientes del cultivo “Kc”	15
4.8.2.	Coefficiente del rendimiento del cultivo “Ky”	15
4.9.	Variables agronómicas evaluadas	16
4.9.1.	Variables de crecimiento y desarrollo	16
4.9.1.1.	Diámetro del tallo (mm)	16
4.9.1.2.	Longitud de la guía (cm)	16
4.9.1.3.	Número de flores	16
4.9.1.4.	Número de guías alternas	16

4.9.2.	VARIABLES DE RENDIMIENTO	16
4.9.2.1.	Número de frutos	16
4.9.2.2.	Diámetro del fruto (cm)	17
4.9.2.3.	Peso del fruto (kg)	17
4.9.2.4.	Rendimiento (kg ha^{-1})	17
4.10.	Análisis estadístico	17
4.10.1.	Modelo aditivo lineal	17
4.11	Análisis económico	18
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
5.1.	Diámetro del tallo (mm)	19
5.2.	Longitud de la guía (cm)	20
5.3.	Número de flores femeninas	21
5.4.	Número de guías alternas	22
5.5.	Número de frutos	22
5.6.	Diámetro del fruto (cm)	23
5.7.	Peso del fruto (kg)	23
5.8.	Rendimiento (kg ha^{-1})	23
5.9	Análisis económico	26
5.9.1	Análisis de presupuesto parcial	26
5.9.2	Análisis de dominancia	27
5.9.3	Análisis de retorno marginal	28
5.10.	Riego	28
5.10.1	Régimen de riego	29
5.10.2.	Coefficiente del cultivo “Kc”	33
5.10.3.	Coefficiente del rendimiento “Ky”	34

VI.	CONCLUSIONES	37
VII.	RECOMENDACIONES	38
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
IX.	ANEXOS	44

INDICE DE TABLAS

Nº TABLA	CONTENIDO	Pág.
1	Análisis de suelo de la unidad experimental finca Las Mercedes 2009	6
2	Características agronómicas de la variedad Mickey Lee	7
3	Características químicas de los abonos orgánicos (compost, bocashi y biofertilizante), utilizados en la unidad experimental finca Las Mercedes	10
4	Análisis de agua de la unidad experimental finca Las Mercedes	11
5	Diámetro del tallo (mm) del cultivo de sandía (<i>Citrullus lanatus</i> L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009	20
6	Longitud de la guía (cm) del cultivo de sandía (<i>Citrullus lanatus</i> L) en la unidad experimental, 2009	20
7	Número de flores del cultivo de sandía (<i>Citrullus Lanatus</i> L) en la unidad experimental, 2009	21
8	Número de guías alternas del cultivo de sandía (<i>Citrullus Lanatus</i> L) en la unidad experimental, 2009	22
9	Efecto de diferentes tratamientos de abonos orgánicos y mineral sobre los componentes de rendimiento del fruto de sandía (<i>Citrullus lanatus</i> L) en la unidad	

	experimental, 2009	25
10	Resultados del análisis de presupuesto parcial realizado a los tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (<i>Citrullus lanatus</i> L)	27
11	Análisis de dominancia para cada uno de los tratamientos evaluados en el cultivo del sandía (<i>Citrullus lanatus</i> L)	27
12	Análisis de retorno marginal	28
13	Régimen de riego de proyecto en el cultivo de sandía, 2008	31
14	Régimen de riego establecido en el cultivo de sandía, 2009	32
15	Coefficientes de rendimiento Ky calculados, en el cultivo de sandía	35

ÍNDICE DE FIGURAS

N° FIGURA	CONTENIDO	Pág.
1	Factores climáticos de la finca Las Mercedes 2009, durante el ciclo del cultivo	5
2	Etapas de desarrollo y coeficientes del cultivo encontrados en la sandía	34
3	Coefficientes de rendimiento del cultivo de sandía, época de primera (2009) en la unidad experimental finca Las Mercedes.	36

INDICE DE ANEXOS

N° ANEXOS	CONTENIDO	Pág.
A-1	Diseño experimental	45
A-2	Cantidad de agua recogida en los pluviómetros	46
A-3	Trazado de las isolíneas de igual precipitación De los aspersores en la finca Las Mercedes	47
A-4	Cálculos de la uniformidad de la lluvia por la fórmula de Christiansen	48
A-5	Fórmula del aspersor y resultados de la aforación de los aspersores	48
A-6	Cálculo de los tiempos de puesta del riego	48
A-7	Esquema de la evaluación pluviométrica	49
A-8	Porcentajes de humedad, cálculos de las reservas iniciales y finales en el régimen de explotación del ciclo del cultivo	5
A-9	Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento compost	51
A-10	Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento bocashi	52
A-11	Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento biofertilizante	53
A-12	Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento sintético	54

A-13	Cálculo del régimen de riego en proyecto del cultivo de sandía variedad Mickey Lee	55
A-14	Cálculo de la Evapotranspiración potencial por el Método de Doorenbos	56
A-15	Cálculo de régimen de riego del cultivo sandía para el tratamiento del compost	58
A-16	Cálculo de régimen de riego del cultivo sandía para el tratamiento de bocashi	59
A-17	Cálculo de régimen de riego del cultivo sandía para el tratamiento de biofertilizante	60
A-18	Cálculo de régimen de riego del cultivo sandía para el tratamiento químico	62
A-19	Cálculos del Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky” para cada tratamiento	63

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se estableció entre los meses de Marzo – Junio 2009, bajo sistema de riego por aspersión en la finca las Mercedes, ubicada en Managua km 11 carretera norte, 2 km entrada al Carnic en las coordenadas 12°10'14" a 12°08'05" de latitud Norte y 86°10'22" a 86°09'44" longitud Oeste, a una altura de 56 msnm. Con el objetivo de evaluar el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus* L) bajo tres tipos de fertilizantes orgánicos y un sintético, y obtención de los coeficientes del cultivo "Kc" y de rendimiento "Ky". Se estableció un bloque completo al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos orgánicos evaluados son: compost a razón de 25 595 kg ha⁻¹, bocashi 15 087 kg ha⁻¹ y biofertilizante con aplicaciones de 20 000 lt ha⁻¹ y un tratamiento sintético (testigo): fertilizante completo (NPK) fórmula 12-30-10, a razón de 350 kg ha⁻¹ más urea 46% a razón de 219 kg ha⁻¹, todos los abonos orgánicos fueron elaborados como parte de la investigación haciendo uso de los distintos materiales que se tienen en la finca para su elaboración. Los resultados de campos se sometió a un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias mediante el uso de la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (LSD $\alpha=0.05$). Utilizando el Software estadístico Infostat versión 2008. Con base a los datos obtenidos se puede afirmar, que no hubo diferencia significativa para las variables de crecimiento, tomadas en momentos diferentes, sin embargo para la variable de rendimiento y sus componentes se encontró diferencia significativas en número de frutos por planta (5.13), diámetro del fruto (15.90 cm), peso del fruto (5.96 lb) y rendimiento (70 020 kg ha⁻¹) logrando obtener el mejor resultado cuando el cultivo se fertilizó con sintético, Con respecto a las variables de riego con un volumen de agua de 526.5 mm ha⁻¹ en todo el ciclo del cultivo y tomando en cuenta las etapas fenológicas se le aplicó mayor volumen de agua en la etapa de floración y fructificación que es donde el cultivo requiere mayor cantidad de agua, logrando para todos los tratamientos un coeficiente de cultivo uniforme y curva de Kc siguió el mismo patrón de cualquier cultivo comercial, presentando una fase inicial, de desarrollo, de madurez y senescencia; En el caso de la reducción del coeficiente de rendimiento de la sandía en los tratamientos orgánicos no se debe a un estrés hídrico o limitación de agua durante los periodos de floración y fructificación que son los períodos más sensibles a la sequía, mas bien corresponde al factor de fertilidad ya que el abono orgánico no va dirigido a liberar grandes cantidades de nutrientes para el cultivo de una sola vez.

ABSTRACT

This research work was established between the months of March to June 2009, under sprinkler irrigation system in the Mercedes estate, located in Managua, 11 km north road, 2 km Carnic entrance at coordinates 12 ° 10'14 " 12 ° 08'05 " north latitude and 86 ° 10'22" 86 ° 09'44 " West longitude, at a height of 56 meters. In order to assess the crop of the watermelon (*Citrullus lanatus* L) in three types of organic and synthetic fertilizers, and obtaining the crop coefficients "Kc" and output "Ky". Established a randomized complete block with four treatments and four replications. Organic treatments evaluated are: compost at a rate of 25 595 kg ha⁻¹, bocashi 15 087 kg ha⁻¹ and biofertilizer with applications of 20 000 l ha⁻¹ and a synthetic treatment (control) complete fertilizer (NPK) formula 12 -30 to 10, at a rate of 350 kg ha⁻¹ plus 46% urea at a rate of 219 kg ha⁻¹, all organic fertilizers were developed as part of the research using different materials have on the farm for processing. Field results are subjected to an analysis of variance (ANOVA) and means separation using the Least Significant Difference test (LSD $\alpha = 0.05$). Using Statistical Software Infostat 2008 version. Based on data obtained suggest that there was no significant difference for the growth variables, taken at different times, but for the variable yield and its components have been found significant difference in number of fruits per plant (5.13), fruit diameter (15.90 cm), fruit weight (5.96 lb) and yield (70 020 kg ha⁻¹) achieved the best result when the crop was fertilized with synthetic variables with respect to irrigation water volume of 526.5 mm ha⁻¹ throughout the crop cycle and taking into account the phenological stages was applied more water in the stage of flowering and fruiting, which is where the crop requires more water, making for all treatments a uniform crop coefficient Kc curve followed the same pattern of any commercial culture, introducing an early stage of development, maturation and senescence, in the case of the reduction rate of yield of watermelon in the organic treatments should not be water stress or water limitation during periods of flowering and fruiting periods are more sensitive to drought, but rather for the fertility factor since compost is not directed to release large amounts of nutrients for growing once.

I. INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus* L) se considera originaria de países de África tropical y su cultivo se remonta desde hace siglos a la ribera del Nilo, desde donde se extendió a numerosas regiones bañadas por el mar Mediterráneo. Los pobladores europeos fueron quienes la llevaron hasta América, donde su cultivo se extendió por todo el continente. Esta pertenece a la familia de las Cucurbitaceae, se cultivaba con verdadera dedicación y era una fruta altamente apreciada por su sabor, belleza y por que era un regalo para muchos campesinos y viajeros pues calmaba su sed en sus largas jornadas de viaje o de trabajo (Reche, 1988)

En Nicaragua se cultiva sandía en dos temporadas la primera en la época seca y se caracteriza por cultivarse extensiones de terrenos bajo condiciones de riego. La otra es aprovechando las precipitaciones de la época lluviosa y aunque los problemas fitosanitarios aumentan, el precio de la sandía se incrementa, debido a que existe poca área cultivada.¹

La fruta de sandía, se vende acorde con lo que el consumidor exige, generalmente en el medio son los frutos de tamaño mediano a pequeño. Actualmente la sandía de variedad Mickey Lee se esta cultivando en Nicaragua debido a sus características; produce frutos de forma redonda y estos tienen precios accesibles a la mayor parte de los consumidores, además del tamaño, el fruto es carnoso, jugoso y de pulpa roja.¹

La Comercialización de la sandía Mickey Lee tiene sus matices particulares en los mercados locales, su comercialización en un 80% se lleva a cabo en el mercado Oriental y Mayoreo, donde el consumidor es el público en general (Morales, 1999).¹

Las cucurbitáceas prosperan con fertilizantes orgánicos, estos mejoran el suelo y nutren mejor la planta. La cantidad de fertilizantes que se apliquen depende de factores como pH, tipo de suelo, textura, humedad; por tanto las aplicaciones se hacen de acuerdo a las necesidades del cultivo y cantidades de nutrientes existentes en el suelo (Laguna y Cruz, 2006)

Los fertilizantes constituyen uno de los principales factores que limita la producción agrícola, pues los cultivos absorben solo una fracción del fertilizante aplicado que oscila entre el 10 y 60 %, por lo que existe una

¹: Entrevista personal con Ing. Octavio Mejía e Ing. Agrónomo Dolores Tabladas productora y exportadora de sandía2009.

crisis total de energía con el consecuente aumento de los costos de los fertilizantes inorgánicos, particularmente los nitrogenados; además han surgidos serios problemas de contaminación por el uso excesivo de dichos fertilizantes y se han incrementado áreas degradadas en máxima por la destrucción de la fracción orgánica de los suelos (Peña *et al*, 2001).

La obtención de rendimientos altos pasa necesariamente por un suministro óptimo de nutrientes, el cual está en función de los métodos usados en la producción, los precios de los fertilizantes, los costos de traslado de los mismos y el valor comercial de las cosechas. Para el caso de Nicaragua, todas las premisas anteriores para obtener buenos rendimientos no son favorables para los productores, pues además de practicar sistemas de producción con tecnología pocas apropiadas (de alto consumo externo) no tiene acceso a crédito para fertilizantes y otros insumos y el precio de los productos que obtiene son cada vez mas bajos (García, 2001)

Una alternativa que se plantea para aumentar la fertilidad de los suelos y aumentar los rendimientos requiriendo poco insumos externos y accesibles a los pequeños y medianos productores, es aumentando los niveles de materia orgánica en los suelos (García, 2001)

La materia orgánica y la aplicación de diferentes abonos orgánicos se han relacionado tradicionalmente con la fertilidad. Los suelos ricos en materia orgánica son generalmente productivos. Por otro lado desde la antigüedad y hasta que surgieron los fertilizantes sintéticos, el uso de los abonos orgánicos fueron la única forma de producir, mantener y aumentar la fertilidad de los suelos (García, 2001).

Los fertilizantes sintéticos usados en la agricultura convencional han aumentado el rendimiento d los cultivos por que satisfacen los requerimientos nutricionales de las plantas a corto plazo, sin embargo, los agricultores no prestan atención a la fertilidad del suelo a largo plazo e ignoran los procesos que la mantienen (Gliessman, 2002)

La aplicación de residuos orgánicos al suelo es uno de los factores más importante que influye sobre el nivel de materia orgánica del mismo. Así mismo, la mineralización de estos residuos representa un punto clave para regular la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo. El valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes sintéticos (Castellanos, 1980).

Otra de las principales necesidades de este cultivo que limita la producción es el agua, por lo tanto en nuestra época en la cual aumenta constantemente la escasez de este líquido, es necesario el suministro de agua artificial a través de los sistemas de riego (Doorenbos y Kassam, 1980).

La sandía necesita bastante cantidad de agua para formar el fruto, se debe recordar que su composición alcanza cerca del 93% de agua, por lo que el rendimiento de la cosecha depende en gran parte de la humedad disponible en el terreno (Reche, 1988).

Un elemento importante para evaluar la producción de un cultivo bajo riego es el suministro de agua disponible y necesario en el tiempo y en la superficie prevista. Cuando el suministro de agua disponible es adecuado y atiende plenamente las necesidades del cultivo, la producción es máxima, dependiendo del suministro necesario del cultivo elegido, de la duración de la estación vegetativa, y de la superficie regada. Cuando el suministro de agua es limitado, la producción viene determinada por la medida en que pueden atenderse las necesidades totales de agua mediante el suministro de agua disponible durante toda la estación vegetativa (Doorenbos y Kassam, 1980)

El déficit de agua durante el período de establecimiento en los cultivos retrasa el desarrollo y produce una planta menos vigorosa. Cuando tienen lugar un déficit de agua durante el período vegetativo inicial, se produce menos superficie foliar, lo que ocasiona una reducción de rendimiento.

La sandía es un cultivo que ha tomado mucho auge, siendo para muchos agricultores una fuente de su ingreso; debido a esto últimamente su cultivo se ha incrementado.

Dado que la investigación en el uso de abonos orgánicos se basa en principios generales, se hace necesario llevar a cabo estudios de evaluación del cultivo sandía (*Citrullus lanatus* L) variedad Mickey Lee, con distintos tratamientos de fertilizantes orgánicos con el suministro de agua necesaria que demande el cultivo a través de un régimen de riego, además la obtención de los coeficientes de cultivos "Kc" y de rendimiento "Ky". Los resultados del estudio a largo plazo pueden beneficiar a los productores que cultivan o muestran interés de cultivar la sandía en fincas con condiciones similares a la finca donde se llevó a cabo esta investigación, cuyo propósito final es que el agricultor pueda en su finca organizar y llevar a cabo las actividades productivas relacionadas con el cultivo de sandía, y obtener rendimientos estables en cantidades adecuadas y de manera amigable con el medio ambiente.

I. OBJETIVOS

General:

- Evaluar el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus L*) bajo tres tipos de fertilizantes orgánicos y un sintético bajo régimen de riego por aspersión en el finca Las Mercedes.

Específicos:

- Determinar la efectividad de tres tipos de abonos orgánicos (Compost, Biofertilizante y Bocashi) en el cultivo de la sandía.
- Aplicar el régimen de riego necesario para el desarrollo adecuado de las plantas de sandía ($m^3 ha^{-1}$).
- Determinar el comportamiento del coeficiente del cultivo “Kc” y “Ky” en los diferentes tratamientos a evaluar.
- Valorar la rentabilidad económica del cultivo de sandía con diferentes dosis de fertilizantes en condiciones de la unidad experimental finca Las Mercedes

II. HIPOTESIS

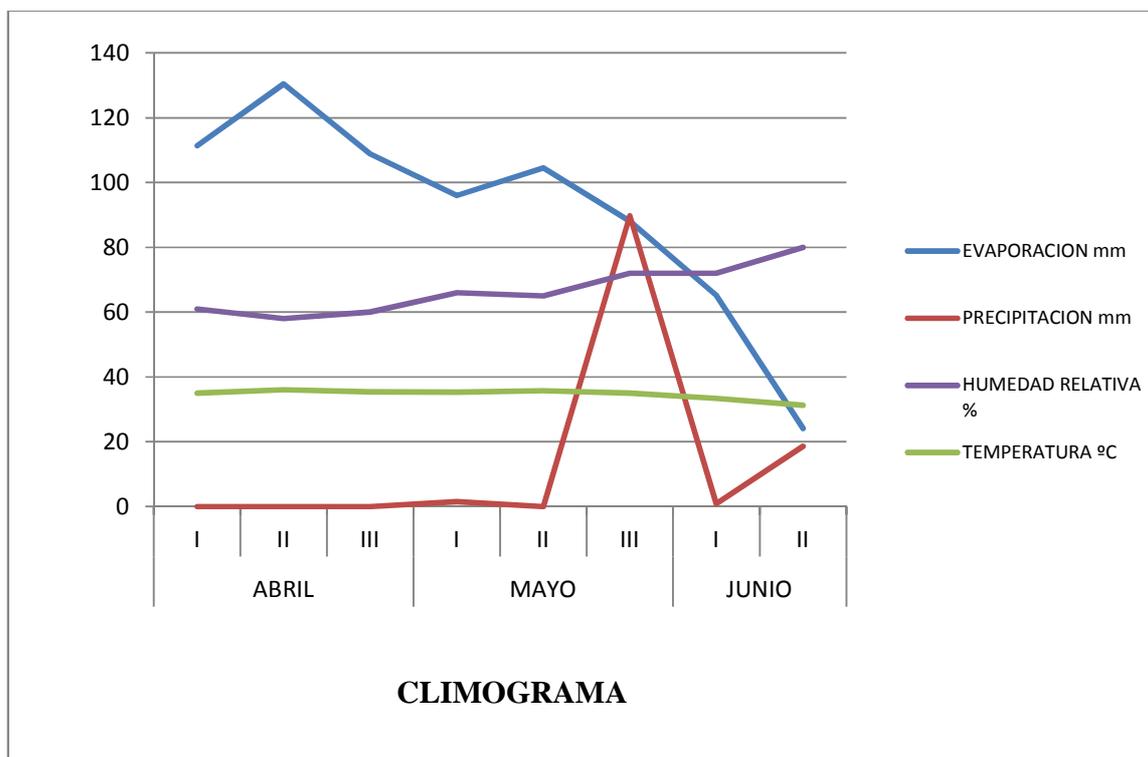
Ha: La fertilización orgánica bajo riego por aspersión elevará los rendimientos en el cultivo de la sandía.

Ho: La fertilización orgánica bajo riego por aspersión bajará los rendimientos en el cultivo de la sandía.

III. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo de Marzo a Junio del 2009, en la unidad experimental finca Las Mercedes, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en la ciudad de Managua km 11 carretera Norte, entrada al Carnic 2 km al lago, teniendo su ubicación geográfica en las siguientes coordenadas: 12°10'14" a 12°08'05" de latitud Norte y 86°10'22" a 86°09'44" longitud Oeste, a 56 msnm. La temperatura promedio es de 32.7°C, con una precipitación de 1400-1450 mm anuales, humedad relativa de 72% y una velocidad máxima del viento de 25.2 km/h. El climograma correspondiente al período del ensayo se representa en la figura 1.



Fuente: INETER (2009)

Figura 1. Estados del tiempo de la unidad experimental finca Las Mercedes en el período de Abril a Junio 2009.

El suelo está catalogado como franco arcilloso derivados de cenizas volcánicas y pertenece a la serie las Mercedes, siendo clasificado como calcic Haplustands de orden inceptisol. Estos suelos muestran una complejidad y heterogeneidad en general, son suelos jóvenes poco desarrollados que presentan capas endurecidas que conduce a lo que se traduce como perfiles con diferentes secuencias texturales, son suelos afectados con problemas de calcificación y debido a que el suelo es heterogéneo algunos presentan alcalinidad por la modicidad, otras subunidades del suelo tienen mal drenaje pero también existen otros que son adecuadamente drenados, la presencia o ausencia de un estrato endurecido así como la ubicación en el terreno son los factores más importantes que influyen en estos (Villanueva, 1990)

Estos suelos contienen un alto contenido de potasio que a su vez éste se convierte en un factor limitante en el suelo mediante antagonismo, bloquea la absorción de magnesio (García, 2001). El efecto de la interacción más crítica en éstos suelos es Ca +Mg/K, es decir, existe un exceso de calcio y magnesio que provocan la baja absorción del potasio y por ende deficiencias de él.

Tabla 1. Análisis químico y físico del suelo de la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009

	pH	<u>M.O</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>CIC</u>	<u>Da</u>	<u>Prof. de muestreo</u>
		%	ppm			meq/100g			g/cm ³	cm
	7.40	2	0.10	11.5	4.20	47.72	12.37	48.51	1.03	0.20
Rango	M	M	M	A	A	A	A	A		

Fuente: Laboratorio de suelos y agua UNA (2009)

A: Alto M: Medio B: Bajo

4.2 Descripción de la variedad

El experimento se estableció utilizando el cultivo de sandía variedad Mickey Lee, (tabla2).

Tabla 2. Características agronómicas de la variedad Mickey Lee

Tipo de variedad	
Días de floración	30 - 35
Color de semilla	Oscura
Forma del fruto	Redondo
Peso del Fruto	5 – 15 Lb
Días de cosecha	60 - 65
Reacción a las plagas	Tolerante
Épocas de siembra	verano

Fuente: Agro centro

4.3 Diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño de bloque completo al azar (BCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La dimensión Total del ensayo es de 1,617 m² (49 x 33), el área de cada unidad experimental es de 60 m², 18 m² para la parcela útil, evaluándose 2 hilera y 5 plantas por hilera, 2 hileras 296 m² para cada bloque. La distancia ente bloque fue de 3 metros e igual distancia entre parcela (anexo 1)

4.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron aplicaciones de dosis de abono orgánico. Los abonos orgánicos empleados fueron Compost, Bocashi, Biofertilizante (25,595 kg ha⁻¹, 15,087 kg ha⁻¹ 20,000 l ha⁻¹) y el otro tratamiento consistió en la aplicación de un testigo (12-30-10 con aplicaciones de 350 kg ha⁻¹, más urea al 46% a razón de 219 kg ha⁻¹).

4.5 Manejo agronómico

4.5.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se llevó a cabo de forma mecanizada mediante el método de labranza convencional, esta consistió en la limpia del terreno, posteriormente un pase de arada, dos pases de grada y un pase de raya, estas actividades se llevaron a cabo en el período de las fechas comprendidas del 10 al 20 de Marzo del 2009.

4.5.2 Siembra

Los nidos y la siembra se efectuaron el 31 de Marzo y 1 de Abril del 2009, utilizando una coba y un palíng para realizar los nidos con una distancia entre surco de 1.5 y 2 metros entre planta. La siembra se realizó de forma manual colocando 2 semillas en cada nido.

Se utilizó semilla mejorada de la variedad Mickey Lee correspondiente a una variedad mostrada en la tabla 2.

4.5.3 Control de plagas

Se realizó manejo fitosanitario durante el período crítico del cultivo, controlando *Bemisia tabaci* Genn (mosca blanca), *Aphis gossypii* Sulser (pulgones) y *Diaphania hyalinata* (barrenador del fruto). Con aceite de neem con aplicaciones de 4cc por litro y con aplicaciones de evisect 50 SP, a razón de 0.6 kg ha⁻¹

4.5.4 Control de malezas

Ésta se realizó en tres momentos durante el ciclo vegetativo del cultivo, el primero a los 25 días después de la siembra, el segundo a los 37 días después de la siembra, de forma manual usando azadones y el tercero se realizó a los 50 días después de la siembra aplicando *Fluazifop-P-Butyl* (fusilade 12.5 EC) con dosis de 1 l ha⁻¹

4.5.5 Raleo

Se procedió el raleo a los 15 días después de la siembra en horas de la tarde dejando 1 planta por nido

4.5.6 Poda

Esta se realizó entre los 30 y 35 días después de la siembra en horas de la tarde utilizando tijeras para cortar el ápice de la guía.

4.5.7 Aporque

Esta actividad se llevó a cabo a los 22 días después de la siembra posteriormente del raleo, antes que se realizara el primer control de maleza.

4.5.8 Cosecha

La cosecha se efectuó de forma manual entre los 70-75 días después de la siembra al completar el ciclo del cultivo, se cosecharon los tres surcos dentro de la parcela útil (20 m²). Ésta actividad se realizó el 11 y 15 de julio del 2009.

4.6 Elaboración de los abonos orgánicos

La fertilización consistió primeramente en la elaboración de los diferentes abonos orgánicos (Compost, bocashi y biofertilizante)

4.6.1 Elaboración del compost

El compost se elaboró 3 meses antes de la siembra, se realizaron 3 aboneras utilizando los siguientes materiales: Estiércol de ganado, material vegetal (Zacate, Hojarasca verde), suelo y agua.

La elaboración de cada abonera se hizo de la siguiente manera: se limpió el área donde se realizó el abono, agua, posteriormente fue picado y humedecido el material vegetal para agregarlos a la abonera, se le agregó estiércol, agua para humedecer y luego se le añadió una cantidad de tierra para completar la primera capa. Este proceso se repitió hasta llegar a la cuarta y última capa, se le colocó un escape o respiradero para suministrarle aire a la abonera y se concluyó tapándolo con plástico.

4.6.2 Elaboración del Bocashi

El Bocashi se realizó 2 meses antes de la siembra, se elaboraron 2 aboneras utilizando los siguientes materiales: 1 saco de carbón molido, 8 litros de leche, 6 libras de azúcar, ½ lb de levadura, 10 sacos de suelo, 2 sacos de gallinaza, 8 sacos de pollinaza y 10 sacos de maleza y 12 yardas de plástico negro.

La elaboración de cada abonera fue realizada de la siguiente manera: se colocó una capa de suelo (3 sacos de suelo), agua para humedecer, ésta se aplicó después de cada capa, se le agregó 4 sacos de maleza picada, 2 sacos de gallinaza 2 de pollinaza, ½ saco de carbón molido, 3 lt de leche con 151 gramos de levadura y 2 lb de azúcar éste proceso fue repetitivo hasta llegar a la tercera y última capa; luego se procedió a mezclar todo para finalizar con la prueba de humedad con el puño verificando si no había sobre

humedecimiento, fue tapado con plástico para que acumulara temperatura. Fue necesario remover y voltear diariamente hasta que bajó la temperatura 35°C, el proceso duró 30 días.

4.6.3 Preparación del biofertilizante

La elaboración del biofertilizante fue 2 meses antes de la siembra, se utilizaron los siguientes materiales: tanque de plástico (60 galones), 40 galones de agua, 6 l de leche, 40 lb de estiércol, 6 lb de azúcar, 2 codos de ½, 1 adaptador de ¾, 1 reductor de ¾, 1 botella plástica y 1 metro de tubo PVC.

Este abono líquido fue preparado en el tanque a base de estiércol de vaca muy fresca disuelta en agua, fue enriquecido con leche y azúcar se rellenó el tanque con agua dejando una recámara para acumular el gas se tapó bien el tanque con su tapa (tapa enroscada con un adaptador de ¾, un reductor y sus niples, botella de plástico), se dejó fermentar bajo un sistema anaeróbico por 2 meses.

Tabla 3. Características químicas de los abonos orgánicos (compost, Bocashi y biofertilizante), utilizados en el estudio realizado en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Fertilizante	Características químicas								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	%			Ppm					
Compost	0.56	0.17	0.66	0.19	0.28	7.035	190	1125	40
Bocashi	0.95	0.7	1.14	0.39	0.37	3895	135	745	250
Biofertilizante	0.10	0.01	3.5	0.19	0.66	7.1	0.9	8.4	0.8

Fuente: Laboratorio de suelos y agua UNA (2009)

Una vez con los resultados de los análisis químicos de los abonos orgánicos se determinó las dosis a incorporar en las parcelas experimentales de acuerdo a la necesidad del cultivo, tomando en cuenta los elementos nutricionales contenidos en el suelo y en los abonos orgánicos (Tabla 1 y 3).

La fertilización se efectuó utilizando 10,267 kg ha⁻¹ de compost, 6,037 kg ha⁻¹ bocashi el día de la siembra y fertilizante completo (NPK) fórmula 12-30-10, en dosis de 350 kg ha⁻¹ (42 kg N, 105 kg ha⁻¹ P₂O₅ y 35 kg ha⁻¹ K₂O), este se aplicó 10 días después de la siembra. Se realizó una segunda aplicación de fertilizante con dosis de 15,328 kg ha⁻¹ de compost, 9,050 kg

ha⁻¹ de bocashi y fertilizante nitrogenado (urea 46%) a razón de 219 kg ha⁻¹ a los 20 días después de la siembra. La aplicación de biofertilizante líquido se realizó en tres aplicaciones: la primera se efectuó a los 24 días después de la siembra con dosis de 2,500 l ha⁻¹, a los 29 días después de la siembra se aplicó 12,500 lt ha⁻¹ y finalmente 5,000 l ha⁻¹ a los 34 días después de la siembra, con el propósito de evaluar la productividad de los abonos orgánicos.

4.7 Riego

La fuente de abastecimiento de agua fue el pozo de la unidad experimental Las Mercedes con una bomba de 1.5 Hp marca STARITE, modelo 430P4FT con capacidad de 6804 lt/h, las labores de riegos realizadas fueron aplicadas de igual manera a todas las unidades experimentales; la primera labor realizada antes de suministrar agua a través de este sistema de riego fue un análisis de agua la que dió como resultado un **C3-S1**, representando el S1 a aguas con bajo contenido de sodio y el C3, aguas altamente salinas.

Tabla 4. Análisis de agua del pozo de la unidad experimental finca Las Mercedes 2009.

Aniones						Cationes					RAS	Clasificación
CE	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Suma	Ca	Mg	Na	K	Suma		
μS/cm	Meq/lt					Meq/lt						Según USDA
867	2.64	4.24	1.24	0.86	8.96	1.79	0.98	0.65	0.24	3.66	0.55	C3-S1

Fuente: Laboratorio de suelo y agua UNA.

CE: conductividad eléctrica

RAS: relación de absorción de sodio

4.7.1 Instalación de tubería

En el área experimental no había agua por lo tanto se realizó un zanjeo hasta el área experimental localizada a 144 metros de donde se encontraba la última llave pase del vivero, para luego instalar 24 tubos PVC de 1 ½ pulgadas quedando estos soterrados hasta una distancia de 7 ½ metros del área experimental, el resto de la tubería que se utilizó fue móvil, se instalaba cada vez que se aplicaba riego.

4.7.2 Aforación de aspersores

Esta actividad se efectuó antes de la siembra con la ayuda de: un balde, manguera, Probeta, cronómetro y un manómetro para medir presión de los aspersores en el momento de la aforación.

En el ensayo se utilizaron 5 aspersores Modelo 4023, Senninger doble boquillas ($\frac{3}{16}'' \times \frac{3}{32}''$), presión de 29.86 *lb/pul*², gasto de 1,170 l/h y un diámetro de 28m de humedecimiento (anexo 5).

4.7.3 Coeficiente de uniformidad y pluviometría o cantidad de agua recogida

Se efectuó dentro del área total irrigada, colocándose los recipientes que sirvieron de pluviómetros espaciados en el campo cada 3m \times 7.5m a lo largo del lateral. Se recogió agua de los aspersores durante 3 horas, luego se midió el volumen de precipitación de cada recipiente en una probeta (I_i), llegándose a obtener de esta manera el coeficiente de uniformidad del lateral del riego, utilizando la fórmula de Christiansen. Las lecturas de los volúmenes de agua en milímetro recolectadas en los pluviómetros y el esquema de evaluación de los aspersores se encuentran en (anexos 2, 3 y 6)

$$Cu = 100 \left(1 - \frac{[|I_i - I_m|]}{nI_m} \right)$$

Donde:

Cu : Coeficiente de uniformidad expresado, en %

n : Cantidad de observaciones

I_i : Intensidad medida en cada pluviómetro, en *mm. h*⁻¹

I_m : Intensidad media de todas las observaciones, *mm.h*⁻¹

4.7.4 Porcentaje de humedad

Los porcentajes de humedad se efectuaron a través del método gravimétrico, cada 10 días se tomaron muestras de suelo húmedo de cada parcela las cuales fueron pesadas en una balanza, y colocadas en un horno solar con temperatura de 40°C durante 3 días y estas se volvieron a pesar para así encontrar el porcentaje de humedad (anexo 7) utilizando la siguiente fórmula:

$$\%Hp = \frac{Psht - Psst}{Pss} \times 100$$

Donde:

$\%Hp$: es el porcentaje de humedad

$Psht$: peso de suelo húmedo del tarrito, en g

$Psst$: peso del suelo seco del tarrito, en g

Pss : peso del suelo seco sin el tarrito, en g.

4.7.5 Densidad aparente

Esta se realizó antes de la siembra se usaron los cilindros calibrados, en el que se tomaron de cada punto tres muestras de suelo inalteradas, se anotó el peso de los cilindros con el suelo húmedo luego fueron secadas en un horno a una temperatura de 105°C durante 24 horas, posteriormente se pesó el suelo seco y el peso del cilindro. Las profundidades fueron de 0-10, 10-20 y de 20-30cm los resultados fueron promediados (anexo 7). Para determinar la densidad aparente se utilizó la fórmula siguiente:

$$Da = \frac{ODW}{CV}, \text{ g cm}^{-3}$$

Donde:

ODW : peso muestra secada al horno en g

CV : volumen del cilindro en cm^3

4.7.6 Reservas de agua iniciales y finales

Una vez obtenido el porcentaje de humedad se procedió a calcular las reservas de aguas iniciales y finales (anexo7) se calcularon por medio de las siguientes fórmulas:

$$Wi = 100 \times \Delta H \times Da \times Hp_i$$

$$Wf = 100 \times \Delta H \times Da \times Hp_f$$

Donde:

Wi : es la reserva inicial, en m^3ha^{-1}

Wf : reserva final, en m^3ha^{-1}

ΔH : variación capa activa, en m

Da : densidad aparente, en g cm^{-3}

Hp_i : humedad presente al inicio de la decena, en %

Hp_f : humedad presente al final de la decena, en %.

4.7.7 Evapotranspiración real

La evapotranspiración se calculó de forma decenal para cada uno de los tratamientos evaluados (anexo 12) por medio de la fórmula de las reservas luego de haber obtenido los datos W_i , W_f , y los datos de precipitación y evaporación de la zona, obtenidos según pluviómetros colocados en el área experimental. Es decir una vez calculados las reservas iniciales y finales para cada decena se procedió a calcular la evapotranspiración.

Fórmula de la reserva:

$W_f = W_i + Pa + Nr(Mp) - E_{vtp}$, despejando E_{vtp} se obtiene

$$E_{vtp} = W_i + Pa + Nr(Mp) - W_f$$

Donde:

Pa : es la precipitación aprovechable (m^3/ha)

Nr : números de riego

Mp : norma de riego (m^3/ha)

E_{vtp} : Evapotranspiración (m^3/ha)

4.7.8 Evapotranspiración potencial

Se calculó para la última decena del cultivo por el método de Doorenbos (anexo 13) utilizando las fórmulas:

$$ETP = (a + b)WR_s$$

$$R_s = \left(0.25 + 0.50 \frac{n}{N}\right) R_a$$

Donde:

$(a+b)$: Coeficientes empíricos resueltos gráficamente

R_a : Radiación extraterrestre que recibe la parte superior de la atmósfera, expresada en equivalente de evaporación: mm. día^{-1}

N : Duración máxima diaria de insolación

n: Insolación media
Rs: Radiación solar
W Rs: Termino de radiación
ETP: Evapotranspiración potencial

4.8 Variables de riego

Una vez realizada la cosecha se prosiguió a calcular las variables de riego por medio de las fórmulas de Doorenbos.

4.8.1 Coeficiente del cultivo “Kc”

Se calculó para cada decena del cultivo por medio de la fórmula

$$Kc = \frac{E_{vtp}}{E_{vp}} \text{ (Anexo 8-11)}$$

4.8.2 Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky”

Este se calculó al final de la cosecha (anexo 18) por medio de la fórmula de Stewart:

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = Ky \left(1 - \frac{E_{VTP_r}}{E_{VTP_m}}\right) \quad \text{Despejando “Ky” obtenemos}$$

$$Ky = \frac{\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right)}{\left(1 - \frac{E_{VTP_r}}{E_{VTP_m}}\right)}$$

Donde:

Yr: Rendimiento real de la cosecha
Ym: Rendimiento máximo (referencia de literatura)
E_{VTPm}: Evapotranspiración máxima
E_{VTPr}: Evapotranspiración real.

4.9 Variables agronómicas evaluadas

Se seleccionaron 10 plantas al azar por cada parcela útil, para evaluar las siguientes variables.

4.9.1 Variables de crecimiento y desarrollo

4.9.1.1 Diámetro del tallo

Esta variable se evaluó desde los 16 hasta los 37 días después de la siembra con un intervalo de 7 días, mediante el uso de un vernier en (mm).

4.9.1.2 Longitud de la guía

Se determinó la longitud de la guía principal desde el cuello de la raíz hasta el meristemo apical de la guía principal. Esta variable se midió en centímetros, con una cinta métrica a partir de los 30 días después de la siembra hasta los 44 días en las 10 plantas evaluadas.

4.9.1.3 Número de flores femeninas

Se realizó un conteo de números de flores femeninas por plantas evaluándose al mismo tiempo que la longitud de la guía.

4.9.1.4 Número de guías secundarias

Para determinar esta variable se realizó el conteo del número de guías secundarias en dos momentos, a los 37 y a los 44 días después de la siembra

4.9.2 Variables de rendimiento

4.9.2.1 Número de frutos

El conteo de los números de frutos se realizó en el momento de la cosecha, contando los frutos de las plantas evaluadas de las parcela para luego pesar el fruto.

4.9.2.2 Diámetro del fruto

Luego de realizar la cosecha se procedió a medir el diámetro en (cm) en la parte más gruesa del fruto de cada una de las unidades colectadas por plantas evaluadas, con la ayuda de un vernier o pie de rey .

4.9.2.3 Peso del fruto

El peso del fruto se determinó pesando cada una de las unidades colectadas por planta en una balanza digital en (kg).

4.9.2.4 Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$)

Una vez determinado el peso promedio del fruto se procedió hacer una relación por área y es expresado en toneladas por hectárea.

4.10 Análisis estadístico

El análisis de los datos se efectuó utilizando el InfoStat, Software Estadístico versión 2008. Cada una de las variables estudiadas se sometió a un análisis de varianza y separación de medias utilizando la prueba de comparaciones específicas de diferencias mínimas significativas (**DMS**).

4.10.1 Modelo aditivo lineal (MAL)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = j – esima observación del i – esimo tratamiento

μ = Es la media poblacional

τ_i = Efecto de i – esimo tratamiento

β_j = Efecto del j – esimo bloque

ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación

Una vez realizado el análisis de varianza (**ANDEVA**) y de acuerdo con Pedroza (1993), de encontrar significativa la prueba de F para los tratamientos, se procedió a comparar las medias de las variables obtenidas en los distintos tratamientos, basándose en los procedimientos de las diferencias mínimas significativas (**DMS**).

4.11 Análisis Económico

Con el fin establecer y comparar los costos de producción y el beneficio económico de los tratamientos a evaluar en este ensayo, se realizó un análisis de presupuesto parcial según el método propuesto por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CYMMIT, 1988), haciendo análisis de presupuesto parcial, análisis de dominancia y cálculo de la tasa de retorno marginal.

Según CYMMIT (1988), el paso inicial para realizar un análisis económico de ensayo en campo es calcular todos los costos que varían para cada uno de los tratamientos.

Los costos variables totales en el estudio se determinaron con relación a los costos de fertilizante más los costos de aplicación. Los rendimientos obtenidos fueron reducido en un 10% a fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y lo que el productor podría lograr utilizando la misma tecnología (CYMMIT, 1988).

El rendimiento ajustado fue multiplicado por el precio del producto C\$6 Kg sandía. El beneficio bruto se obtuvo del rendimiento ajustado por el precio del producto. Los costos variable totales se determinan de los costos del fertilizante más los costos de aplicación y el beneficio neto se obtiene del beneficio bruto menos los costos variables totales por cada tratamiento.

La dominancia se efectúa primero ordenando los tratamientos de menor a mayores totales de los costos que varían. Se dicen entonces que un tratamiento es dominado cuando tienes beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían mas bajos. Por lo tanto la tasa de retorno marginal es la relación de los beneficios netos marginados sobre los costos marginados por cien.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El medio ambiente que condiciona el clima, y especialmente el microclima, incide de forma decisiva en la germinación, crecimiento y desarrollo de la planta; su conjunción con otros factores posibilita la rentabilidad y producción del cultivo (Reche, 1987). La sandía es una planta que exige calor, la temperatura del suelo que necesita para que las semillas germinen debe ser de 25 – 35°C y su temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de las plantas es de 35°C (Casaca, 2005)

Teniendo en cuenta que la temperatura y la humedad relativa, constituyen el complejo climático favorable o desfavorable para la sandía (Reche, 1987) y que en suelos de textura media (como la finca Las Mercedes) necesita 700 mm de agua (Morales, 1999). Se puede decir que el cultivo se desarrolló dentro de las condiciones climatológicas favorables a su crecimiento y desarrollo.

A continuación se analizan los resultados del análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) entre los diferentes índices del crecimiento y rendimiento del ciclo del cultivo.

5.1 Diámetro del tallo

El Diámetro del tallo es un parámetro importante para todo tipo de cultivo puesto que en el se acumulan los nutrientes obtenidos durante la fotosíntesis (Somarriba, 1998).

El análisis estadístico (ANDEVA) realizado a la variable diámetro del tallo en cuatro fechas durante la etapa de crecimiento del cultivo, con un 95% de confianza demuestra que no existe efecto en los tratamientos en cuanto a la capacidad de generar mayor diámetro del tallo.

El efecto no significativo en esta variable se debe a los factores ambientales y nutricionales del suelo, según (Torres, 1993) el grosor del tallo depende de la variedad, las condiciones ambientales y nutricionales del suelo. Uno de los elementos importantes que influyen en el diámetro del tallo, es la aplicación de nitrógeno, ya que le ayuda con su crecimiento y grosor (Arzola, 1981).

Tabla 5. Diámetro del tallo (mm) del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Tratamiento	Días después de la siembra			
	16 dds	23 dds	30 dds	37 dds
Compost	2.66	3.88	4.58	3.99
Bocashi	2.40	4.14	4.09	4.53
Biofertilizante	2.35	3.26	4.30	4.67
Sintético	2.29	3.32	3.97	4.13
C.V	8.69	16.47	12.10	14.02
P>F	0.1380	0.1790	0.3996	0.3508

5.2 Longitud del tallo o guía

Esta variable es de suma importancia, ya que en dependencia de la longitud de la guía principal se incrementarán los rendimientos de la planta. Al tener una mayor longitud va presentando mayor cantidad de flores y así incrementar la producción (Cisneros, 2000).

Se puede apreciar en la tabla N° 6 que los diferentes tratamientos evaluados no presentan diferencias mínimas significativas según el análisis estadístico realizado, comportándose así la variable longitud de la guía en una sola categoría en las 3 fechas evaluadas.

El efecto no significativo de la longitud de la guía se debió a efectos de los factores ambientales según (Flores y Gadea, 2001) La longitud del tallo o guía es una variable que nos permite medir el crecimiento del cultivo, ésta puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores ambientales: luz, calor, humedad y nutrientes.

Tabla 6. Longitud de la guía (cm) del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Tratamiento	Días después de la siembra		
	30 dds	37 dds	44 dds
Compost	29.16 a	55.07 a	65.24 a
Bocashi	15.60 a	29.58 a	86.38 a
Biofertilizante	13.40 a	43.32 a	69.45 a
Químico	14.30 a	31.80 a	75.30 a
C.V	76.33	53.36	31.69
P>F	0.3805	0.3591	0.9081

5.3 Número de flores femeninas

Las flores son las estructuras reproductivas características de las plantas llamadas espermatofitas o fanerógamas. La función de una flor es producir semillas a través de la reproducción sexual (Quer, 1982)

La flor da origen, tras la fertilización y por transformación de algunas de sus partes, a un fruto que contiene las semillas (Quer, 1982)

El fósforo favorece el desarrollo de las raíces, estimula el crecimiento y la precocidad, además tiene gran importancia para la floración de las flores femeninas, por lo que hay que mantener un buen nivel de fósforo hasta la fase de floración.

En el estudio realizado no se encontraron diferencias significativas para esta variable comportándose así como una sola categoría en todas las fechas evaluadas.

La tabla número 7, muestra los promedios de flores obtenidos en los diferentes tratamientos realizados donde se observa que el número promedio de flores son similares, el efecto no significativo se debe al complejo climático sobre todo a la altos índice de temperatura por que según Fernández, 1996) la temperatura junto con la humedad, constituyen el complejo climático favorable o desfavorable para las cucurbitáceas. Este efecto esta también influenciado por la longitud de la guía, a mayor desarrollo de la guía hay una mayor producción de flores.

Tabla 7. Promedio de número de flores del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Tratamiento	Días después de la siembra		
	30 dds	37 dds	44 dds
Compost	1.83 a	3.73 a	5.10 a
Bocashi	1.00 a	2.48 a	4.25 a
Biofertilizante	1.43 a	3.15 a	5.45 a
Químico	0.85 a	2.48 a	4.70 a
C.V	63.77	74.53	41.05
P>F	0.3732	0.8248	0.8550

5.4 Número de guías alternas

De acuerdo al análisis estadístico realizado para esta variable no se encontraron diferencias significativas.

La tabla siguiente demuestra que dentro de los tratamiento aplicados ninguno de ellos fue superiores entre sí, es decir que los números de guías no aumenta al aplicar fertilizantes orgánicos o sintético pues ninguno supero al sintético, mas bien este efecto no significativo corresponde a las condiciones ambientales de la unidad experimental. Según (Fernández, 1996) el desarrollo y crecimiento de las cucurbitáceas depende del genotipo de la planta y de las condiciones ambientales.

Tabla 8. Número de guías alternas del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Tratamiento	Días después de la siembra	
	37 dds	44 dds
Compost	1.20 a	3.28 a
Bocashi	0.94 a	3.28 a
Biofertilizante	1.20 a	3.20 a
Químico	1.03 a	3.53 a
C.V	56.03	58.23
P > F	0.9081	0.9957

5.5 Número de frutos por planta

El número de frutas cosechadas/ha tiene una relación directamente proporcional con el número de plantas cosechadas, e inversamente proporcional con el tamaño del fruto. El tamaño y peso de la fruta se afecta al variar el número de plantas/nido y número de frutas/planta (Flores, 1994).

El análisis estadístico encontró diferencias altamente significativo para la variable números de frutos cosechados por plantas agrupando la DMS en cuatro categorías siendo la aplicación de fertilizante mineral (fertilizante completo 12-30-10 con dosis de 350 kg ha⁻¹ y 219 kg de urea 46%), el que mayor efecto tuvo para ésta variable con una media de 5.13 frutos por planta, seguido del compost con media de 4.40 (tabla 9).

5.6 Diámetro del fruto

El diámetro del fruto es un componente importante en cuanto al rendimiento, es por tal razón que el diámetro influye grandemente en la apreciación del producto tanto para el productor como para el consumidor.

El análisis estadístico encontró diferencias altamente significativas para el diámetro del fruto, la DMS logra agruparlos en cuatro categorías observándose que las dosis de completo 12-30-10 más urea 46% presentan los mayores diámetros de fruto con valores de media de 15.90 cm, seguido de compost con valores de 14.21cm y el biofertilizante obtuvo los valores más bajos fruto (tabla 9).

5.7 Peso del fruto

El peso del fruto en la variedad Mickey Lee es una característica muy importante para la comercialización de la sandía. Esta variedad tiene gran preferencia en el mercado y es por precio, peso o tamaño, color y sabor (Morales, 1999).

La agricultura satisface las exigencias del consumidor que principalmente es el público en general o familias de pocos ingresos que desean frutas de buena calidad con un precio y tamaño accesible al consumidor, quien es el que le dará éxito o fracaso de cualquier producto agropecuario (Morales, 1999).

El análisis de varianza realizado a los tratamientos en estudio para la variable peso del fruto mostró diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, la prueba de diferencias mínima significativa agrupa los tratamientos en cuatro categoría estadísticas, pudiéndose observar que el fertilizante químico o mineral (tabla 9) logra obtener los mayores valores del peso del fruto con media de 5.96 lb y coincidiendo con los resultados obtenidos por Fernández (1996), con un peso promedio del fruto de 5.70 lb en dosis similares, teniendo en cuenta que el mayor valor lo presenta el tratamiento sintético esto se debe a la contribución y mineralización de los nutrientes del fertilizante sintético.

5.8 Rendimiento en (kg ha⁻¹)

El rendimiento es la variable principal en cualquier cultivo y determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existente en el medio unido al potencial genético de la variedad; por lo tanto, es el resultado de un sin número de factores biológicos, ambientales y manejo

que se le dé al cultivo de los cuales se relacionan entre si para expresarse en producción de kg ha^{-1} Flores y Gadea (2001).

El incremento de los rendimientos depende del uso de fertilizantes, de híbridos o variedades mejoradas, que dan a la planta mayor resistencia a plagas y enfermedades (Jugenheimer, 1981).

La calidad de semilla, con frecuencia, es la causa de los bajos rendimientos y fallas en la siembra. La semilla de buena calidad es una condición primordial para obtener buenos rendimientos y los productores deben asegurarse siempre, de que la semilla que van a utilizar provenga de una fuente digna de confianza, (Morales, 1999).

El rendimiento de la sandía está en dependencia de la cantidad y tamaños de los frutos siempre y cuando exista una alta disponibilidad de nutrientes en el suelo y sobre todo esté cultivo este influenciado por adecuadas dosis de nitrógeno.

El nitrógeno interviene directamente en el desarrollo de la planta de sandia, incrementando la producción al aumentar el número de flores femeninas y por tanto el número de frutos.

El ANDEVA efectuado para esta última variable encontró diferencias significativas, la prueba de diferencias mínimas significativas muestra categorías estadísticas definidas (tres categorías). El mayor rendimiento fue para la aplicación de 350 kg ha^{-1} de 12-30-10 mas urea 46% a razón de 219 kg ha^{-1} , con 70020 kg ha^{-1} seguido por el compost con dosis de 25595 kg ha^{-1} y un rendimiento de 38160 kg ha^{-1} a este le sigue el bocashi con dosis de 15087 kg ha^{-1} y un rendimiento de 19192 kg ha^{-1} . El biofertilizante obtuvo el rendimiento mas bajo con 6667 Kg ha^{-1} .

Los resultados de rendimientos obtenidos para el tratamiento químico de $70.02 \text{ ton ha}^{-1}$ coincide con Fernández (1996), quien obtuvo un rendimiento de $69.03 \text{ ton ha}^{-1}$ Igualmente este rendimiento del tratamiento testigo es similar al rendimiento de la Ing. Dolores Tabladas, 2009, con $78.11 \text{ ton ha}^{-1}$ con dosis similares.

Una razón por la cual se presenta el menor rendimiento con la aplicación de tratamiento basado en biofertilizante, es debido al alto contenido de micronutrientes pero bajo en nitrógeno y esto tiende a realizar grandes dosis o volúmenes de aplicación /ha según los nutrientes en el suelo y la necesidad de nitrógeno del cultivo, resulta imposible la aplicación de estos grandes volúmenes de biofertilizante porque tiende a ser tóxico para la

planta, recordando que el nitrógeno tiene una gran influencia en el rendimiento total de la sandía.

Tabla 9. Efecto de diferentes tratamientos de abonos orgánicos y sintético sobre los componentes de rendimiento del fruto de sandía (*Citrullus lanatus* L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Tratamiento	Días después de la siembra			
	N.F	DF(cm)	PF(Kg)	REN kg ha ⁻¹
Compost	4.40 a	14.21 a	1.74 a	38160 a
Bocashi	3.68 b	12.30 b	1.06 b	19192 b
Biofertilizante	2.48 c	9.92 c	0.52 c	6667 c
Sintético	5.13 d	15.90 c	2.71 d	70020 c
C.V	18.81	4.06	3.73	33.56
P > F	0.0039	0.0001	0.0001	0.000
DMS	1.17915	0.84986	0.46138	17986.49

NF=Numero de frutos DF=Diámetro del fruto PF=Peso del fruto REN= Rendimiento

Teniendo en cuenta que los nutrientes de los abonos sintéticos se mineralizan rápido, podemos decir que la fertilización sintética se influyó en el peso de fruto ya que los resultados muestran mayor peso de fruto del tratamiento sintético a los tratamientos de abonos orgánicos. En los resultados obtenidos plantean que los abonos orgánicos aplicados en el cultivo de sandía no muestran mejores resultados en crecimiento y rendimiento en comparación sintética

En este ensayo las variables de rendimiento del cultivo presentaron diferencias significativas; sin embargo en las variables de crecimiento no se encontraron diferencias estadísticas significativas en las diferentes tomas realizadas.

Las diferencias reflejadas indican que los fertilizantes sintéticos tienden a incrementar los rendimientos pero, recordemos que han surgidos serios problemas de contaminación por el uso excesivo de dichos fertilizantes y se ha incrementado áreas degradada por la destrucción de la fracción orgánica de los suelos (García, 2001)

Los resultados obtenidos en el tratamiento con abonos orgánicos pueden deberse a que los resultados de los abonos orgánicos van liberando paulatinamente los nutrientes que contienen y que el efecto de éstos sobre el cultivo para un segundo año no es significativo, según lo encontrado. El abono orgánico no va dirigido a liberar grandes cantidades de nutrientes para el cultivo de una sola vez, sino que su propósito es incrementar la

materia orgánica del suelo que sirve como alimento a los microorganismos responsables de convertir a los elementos nutritivos a una forma asimilable por la planta, además de restituir el equilibrio natural del suelo, según Altieri (1995).

También Altieri (1995), plantea que la superioridad de los abonos orgánicos es apreciable a partir de un tercer a cuarto año de producción, para este tiempo la producción se estabiliza y los resultados pueden ser casi o igual de buenos que los rendimientos obtenidos aplicando fertilizantes sintéticos. Esto lo confirman Herrán y Sañudo (2008), quienes concluyen que los buenos resultados para las aplicaciones de abonos orgánicos se esperan a largo plazo y que el período de transición para que un suelo sea orgánico oscila entre los 3 a 5 años, dependiendo del manejo previo del suelo y de los factores medio ambientales.

Los resultados anteriores también muestran que los abonos orgánicos como el compost pueden ser una alternativa para sustituir los fertilizantes sintéticos, los fertilizantes orgánicos se mineralizan en un 60-70% a partir del primer año de aplicación y mantiene un efecto residual en el suelo hasta por dos años, esta es una alternativa viable que a largo plazos tendrá mejores resultados.

5.9 Análisis económico

Los Resultados Agronómicos se sometieron a un análisis económico, para determinar la rentabilidad de los diferentes tratamientos, a fin de recomendar esta práctica en la producción, conforme a los objetivos y perspectivas de los productores.

5.9.1 Análisis de presupuesto parcial

El análisis económico practicado a los diferentes tratamientos (dosis) presenta de cuantos es el costo variable total de los abonos C\$10,541 para la aplicación de compost; C\$11,606 para el bocashi; C\$33,506 en el biofertilizante y C\$14,048 para la aplicación de fertilizante sintético.

Se puede observar que la dosis de urea 46% + 12-30-10 presenta mayor beneficio neto (C\$364,060) es con el cual el productor tiene un buen margen de ganancia a como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10. Resultados del análisis de presupuesto parcial realizado a los tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L)

Indicadores	Compost	Bocashi	Biofertilizante	Urea 46% + 12-30-10
Rendimiento (kg/ha ⁻¹)	38160	19192	6667	70020
10% de ajuste	3816	1919.2	666.7	7002
Rendimiento ajustado	34344	17272.8	6000.3	63018
Beneficio bruto (C\$)	206064	103637	36002	378108
Costo del fertilizante (C\$)	9,291	10,356	32,256	8,714
Costo de aplicación (C\$)	1,250	1,250	1,250	5,334
Costos variables totales (C\$)	10,541	11,606	33,506	14,048
Beneficio neto (C\$)	195,523	92,031	2,496	364,060

5.9.2 Análisis de dominancia

Luego de haber realizado el análisis de presupuesto parcial, se procede a determinar cuales de los tratamientos han sido dominados y cuales no. Un tratamiento es dominado por otro tratamiento cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (CIMMYT, 1988).

El análisis de dominancia (tabla 11) practicados a los diferentes tratamientos muestra que existen dos tratamientos no dominados (ND), estos son compost y urea 46% + 12-30-10. El resto de los tratamientos se muestra como dominados (D), debido a sus bajos beneficios netos y mayores costos variables.

Tabla 11. Análisis de dominancia para cada uno de los tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L)

Tratamientos	Costos variables C\$	Beneficio neto C\$	Dominancia
Compost	10,541	195,52	ND
Bocashi	11,606	92,031	D
Urea 46% +12-30-10	14,048	364,060	ND
Biofertilizante	33,506	2,496	D

5.9.3 Análisis de retorno marginal

La tabla 12 muestra que la aplicación del fertilizante sintético es el único que presenta una tasa de retorno marginal. Así mismo indica que el agricultor puede recuperar C\$48.05 por cada córdoba invertido con el tratamiento de urea 46% + 12-30-10.

Por lo tanto el tratamiento compost no se puede ver una tasa de retorno ya que el rendimiento es muy bajo comparado con el del fertilizante sintético esto se puede observar a partir del tercer año en adelante Altieri (1995).

Tabla 12. Análisis de retorno marginal.

Tratamientos	C.V C\$	C.V.M	B.N C\$	B.N.M	T.R.M %
Compost	10,541		195,523		
Urea 46% + 12-30-10	14,048	3,507	364,060	168,537	4805.73

C.V=costo que varían C.V.M=costo que varían marginal B.N=beneficio neto
B.N.M=beneficio neto marginales T.R.M=tasa de retorno marginal

5.10 Riego

El agua es la base de la vida en este planeta. El riego viene a ser una forma de abastecer agua a las plantas, en aquellas situaciones donde la lluvia natural, no es suficiente o en casos donde el período seco se prolonga y es necesario suplementar con agua de riego esos meses.

Para la sandía se estima como necesidad mínima de agua entre 500mm y 700mm de precipitación (Gaitán, 2005).

Durante el ciclo del cultivo en la zona sólo se presentaron 110.8 mm de precipitación. Para poder corregir la falta de humedad del suelo y poder suplir las necesidades hídricas de las plantas se suministró 526.5mm de agua bajo riego por aspersión.

El riego por aspersión consiste en la aplicación del agua al terreno en forma de finas gotas, por medios de aspersores (Valverde, 2000).

La distribución correcta de la lluvia artificial sobre una superficie dada es un elemento importante a tener en cuenta en el riego por aspersión y es un indicador importante para precisar la calidad del riego aplicado, además existe una relación estrecha entre la uniformidad del humedecimiento y los rendimientos esperados; en otras palabras, la producción agrícola a obtener dependerá de la uniformidad de la norma de riego establecida (Marrero, 2007).

La distribución de la lluvia artificial aportada por un aspersor está en función de: las características internas del tubo de salida, del diámetro de las boquillas, de la presión de trabajo, del esquema de distribución de los aspersores en el lateral o la velocidad y dirección del viento; las que hay que tener en cuenta para corregir en lo posible y así disminuir su efecto.

La determinación del coeficiente de uniformidad en la aplicación de riego en condiciones de producción mediante las pruebas de campos es necesario para conocer el comportamiento de la lluvia aportada a lo largo del lateral, lo que dio una visión más real digamos, macro de lo que se estaba aplicando, siendo nuestro comportamiento de uniformidad de la lluvia aportada a lo largo del lateral obtenido de 77% calificado por Christiansen como un coeficiente de uniformidad bueno (anexo 3) es decir una buena distribución de la lluvia.

5.10.1 Régimen de riego

El éxito en el uso del riego para obtener rendimientos adecuados y excelente calidad para comercio nacional y exportable, radica en la planificación de los volúmenes y frecuencias, en concordancia con los estados de desarrollo de la planta.

El régimen de riego de los cultivos agrícolas establece el volumen de agua que se aplica en cada riego y los intervalos entre aplicaciones sucesivas y tiempos de riego (anexo 6). Entonces, tiene la finalidad de establecer el rango de las oscilaciones y el suministro de agua, para alcanzar un rendimiento dado (Dueñas, 1981) (Tabla 10 y 11)

La cantidad total de agua que es necesario aplicar a un cultivo determinado como la sandía debe ser suficiente para compensar el agua evapotranspirada. Pero además se debe aportar una cantidad de agua adicional para compensar las pérdidas por percolación, por falta de uniformidad en la instalación de distribución (Borrego *et al* 2002)

Por otra parte, el manejo de agua de riego condiciona la fracción del agua aplicada que es realmente aprovechada por el cultivo (Losada *et al* 1997). La distribución del agua aplicada mediante el riego puede quedar descrita mediante una función de distribución estadística y un coeficiente de uniformidad de Christiansen

Los riegos corrigen la falta de humedad de la tierra y modifican su temperatura. No puede precisarse el número de riegos aconsejable, pues depende de la variedad sembrada, zona de cultivo, terreno, condiciones

meteorológicas y sistemas de cultivos, que en definitiva, son los factores que van a determinar el aumento o disminución de los riegos.

En la sandía el período crítico en que no debe faltar el agua, transcurre desde que comienza a desarrollarse los frutos y llega hasta que se inicia su maduración. En este período, que puede durar uno o dos meses, suele regarse varias veces. No hay que olvidar que al principio del cultivo y durante la madurez no debe regarse, en el primer caso para obligar a la planta a que extienda sus raíces y las desarrolle y en el segundo, para evitar que los frutos se vuelvan insípidos (Reche, 1988) Es decir los períodos de desarrollo de las guías, floración y el de formación de la cosecha son los de mayor sensibilidad y requieren adecuados volúmenes de agua sin sobre saturación.

La tabla 10 presenta los resultados del régimen de riego en proyecto y muestra los volúmenes de agua, números de riegos por medio de cálculos en relación de los ingresos y los egresos sirviendo como base para el régimen de riego en explotación, la tabla 11 presenta los resultados del régimen de explotación mostrando una gran diferencia al de proyecto en lo que se refiere a los números de riegos, en el de proyecto se presentan 19 riegos durante el ciclo del cultivo lo que aportó un 65% de la evapotranspiración del cultivo mientras que el de explotación presenta 28 números de riego y esta aportó un 89% de la evapotranspiración, estas diferencias son el resultados del cambio de las condiciones meteorológicas puesto que en el de proyecto se presentó 325 mm de precipitación y fueron aprovechados 177.6mm y en el establecido se presento 110.8 mm de precipitación y estos fueron aprovechados.

Tabla 13. Régimen de riego en proyecto para el cultivo de sandía

Mes	DEC	W max	W min	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingresos	EGRESOS			Wf	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Kc	Ev	Evtp			
						Pc	Pa	Fechas	Mp							
		m ³ ha ⁻¹				m ³ ha ⁻¹		m ³ ha ⁻¹		m ³ ha ⁻¹						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Abril	I	741	586	155	667	31	31	4,7,10	3(155)	1163	0.4	1091	436	727	14	142
	II	741	586	155	667	3	3	13,15,18	3(155)	1135	0.5	1054	527	608	133	23
	III	741	586	155	667	0	0	22,24,26,27,30	5(155)	1442	0.7	1160	812	630	111	45
Mayo	I	1111	901	210	1000	134	134	3,6,8,10	4(210)	1974	0.8	1223	978	996	115	96
	II	1111	901	210	996	308	308	15,18,20	3(210)	1934	1	988	936	998	113	97
	III	1111	901	210	995	1819	736	-	-	1731	1.1	590	620	1111	0	210
Junio	I	1111	901	210	1111	955	564	-	-	1675	0.9	627	564	1111	0	210
	II	1111	901	210	1111	0	0	18	1(210)	1321	0.8	375	301	1020	91	120
Total						3250	1776	19	3385	12375		7108	5174	7201	577	943

Wmax: Reserva máxima. Wmin: Reserva mínima. Mp: Norma parcial. Wi: Reserva inicial. Pc: Precipitación caída
 Pa: Precipitación aprovechable. Kc: Coeficiente del cultivo. Ev: Evaporación. Evtp: Evapotranspiración
 DEC: Decena del mes. Wf: Reserva fina. Wcons: Reserva consumida. Wpres: Reserva presente.

Resumen de tabla:

- Norma total de riego: 3175 m³ ha⁻¹.
- Número de riegos: 19
- Coeficiente de aprovechamiento de la lluvia: 54%.
- Evapotranspiración total del ciclo: 5689 m³ ha⁻¹.
- La norma total de riego aportó el agua para el: 61.5% de la Evt

Tabla 14. Régimen de riego establecido en el cultivo de sandía

Mes	DEC	W max	W min	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingresos	EGRESOS			W fina	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Kc	Ev	Evtp			
						Pc	Pa	Fechas	Mp							
		m ³ ha ⁻¹								m ³ ha ⁻¹						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Abril	I	741	586	155	436	0	0	1,3,5,7,9	5(155)	1211	0.52	1114	574	637	104	51
	II	741	586	155	637	0	0	11,13,15,17,19	5(155)	1412	0.6	1304	783	629	112	43
	III	741	586	155	629	0	0	21,23,25,27,29	5(155)	1404	0.7	1089	766	637	104	53
Mayo	I	1111	901	210	639	15	15	2,4,6,8,10	5(210)	1704	0.8	962	770	936	175	35
	II	1111	901	210	935	0	0	12,14,16,18,20	5(210)	1985	0.96	1045	1004	980	131	80
	III	1111	901	210	981	898	898		0	1879	1.09	880	960	918	193	18
Junio	I	1111	901	210	919	9	9	1,3,5	3(210)	1549	0.98	652	642	918	193	15
	II	1111	901	210	916	186	186	0	0	1102	0.83	241	200	902	209	2
Total						1108	1108	28	5055	12246		7287	5699	6557	1221	297

Wmax: Reserva máxima. Wmin: Reserva mínima. Mp: Norma parcial. Wi: Reserva inicial. Pc: Precipitación caída
 Pa: Precipitación aprovechable. Kc: Coeficiente del cultivo. Ev: Evaporación. Evtp: Evapotranspiración
 DEC: Decena del mes. Wf: Reserva fina. Wcons: Reserva consumida. Wpres: Reserva presente.

Resumen de tabla:

- Norma total de riego: 5055 m³ ha⁻¹.
- Coeficiente de aprovechamiento de la lluvia: 89%.
- La norma total de riego aportó el agua para el: 93% de la Evtp.
- Evapotranspiración total del ciclo: 568m³ ha⁻¹.
- Número de riego: 28

5.10.2 Coeficiente del cultivo

Se conoce como coeficiente del cultivo “Kc” un valor dependiente de las características morfológicas y fisiológicas de la planta. El Kc varía según el período de crecimiento de la planta y del clima determinado. Depende de la capacidad de la planta de extraer agua del suelo según, su estado de desarrollo vegetativo (Valverde, 2000).

El coeficiente del cultivo no es más que la relación entre la evapotranspiración de un cultivo, durante una etapa definitiva con la evaporación.

Kc es un coeficiente apropiado para cada etapa de crecimiento, los valores de Kc varían de acuerdo con la región y fecha de siembra, sin embargo las diferencias son pequeñas (Deras, 2003).

La estimación de los coeficientes del cultivo se logró por medio de la fórmula antes mencionada; $K_C = E_{vtp}/E_{vp}$. En los resultados obtenidos no existe variación puesto que los valores de cada uno del Kc de los tratamientos no varían (anexo 8-11).

El Kc se logró clasificar de acuerdo a las características del cultivo reflejadas en el campo:

Fase inicial o emergencia: esta se prolongó desde la germinación hasta el crecimiento inicial, con una cobertura superficial muy escasa.

Fase de desarrollo (crecimiento vegetativo): se caracterizó por ser el estado máximo de crecimiento hasta alcanzar un 80% de cobertura superficial.

Fase de floración y fructificación: este estado inició desde el final de la anterior fase hasta alcanzar la plena cubrición del suelo y el comienzo de la maduración del fruto, logrando obtener el valor más alto de coeficiente de cultivo (fig. 2).

Fase final: transcurrió desde el final de la fase anterior hasta lograr la plena maduración o la cosecha.

El conocimiento del coeficiente de cultivo contempla determinar las características de desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo. Se trata de las fechas de siembra, de plantación, de floración y fecundación, de madurez fisiológica del embrión de la semilla, de inicio y fin de la cosecha y del último riego de pos cosecha.

La curva del coeficiente del cultivo representa los cambios en el coeficiente del cultivo sobre la longitud de la temporada de crecimiento. Su forma representa los cambios en la vegetación y en la cubierta vegetal durante el desarrollo y la maduración de la planta en la relación de evapotranspiración y evaporación (anexos 8-11).

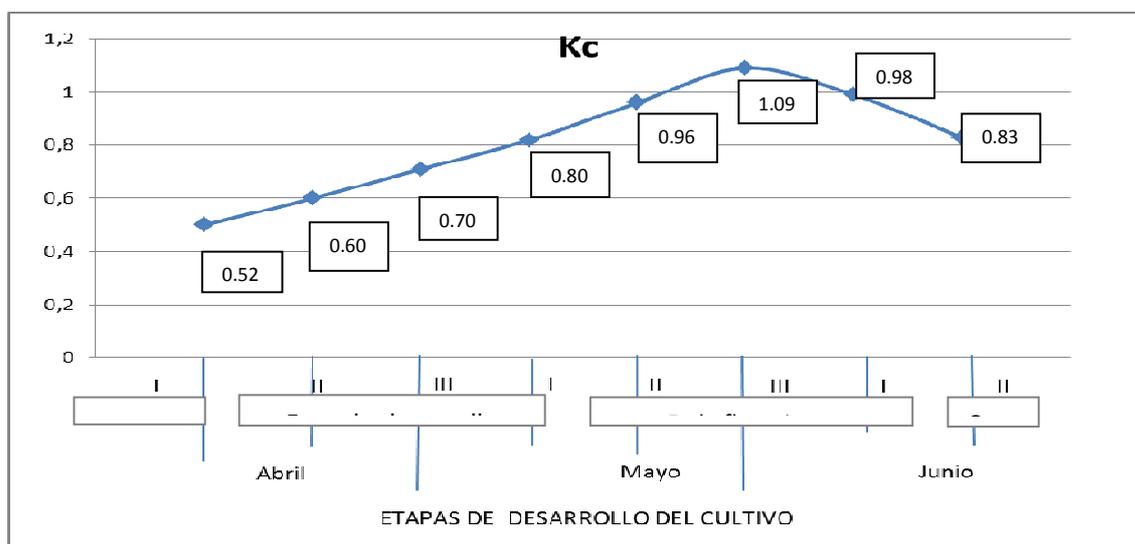


Figura 2. Etapas de desarrollo y coeficientes del cultivo encontrados en la sandía.

La figura 2 representa los valores calculados de Kc derivados de la evapotranspiración y la evaporación. De la emergencia hasta los diez días el valor del Kc es de 0.52, durante la fase de desarrollo, de floración y fructificación muestra una fase dinámica en el que el Kc incrementa su valor hasta 1.09, durante la cosecha este llega a obtener valores de 0.98 y 0.83 ver figura 2.

5.10.3 Coeficiente de rendimiento

El agua es un componente crítico en la producción de sandías. Una sandía madura está formada por más del 90% de agua (un fruto de 14 kilos contiene más de 11 litros de agua) por tanto el suministro de agua adecuado es crítico para optimizar el rendimiento y la calidad de este cultivo (Tyson y Harrison, 2009).

El rendimiento de los cultivos es una función que depende de una serie de factores entre ellos: variedades, fertilización, control de plagas, riego,

drenaje etc. De todos ellos el agua es uno de los más limitantes y su control es fundamental para el éxito en la producción agrícola (Valverde, 2000).

El Ky es el factor de rendimiento que expresa el efecto del suministro de agua sobre el rendimiento de los cultivos y se determina mediante la relación entre los rendimientos relativos $(1 - Y_r/Y_m)$ y la evapotranspiración relativa $(1 - ET_r/ET_m)$ (Doorenbos y Kassam, 1980).

La aplicación del factor del efecto sobre el rendimiento (Ky) para la planificación, diseño y operación de los proyectos de riego, permite la cuantificación del agua en términos de rendimiento del cultivo y de producción total para la superficie del proyecto. En condiciones de agua limitada, distribuida por igual durante toda la estación vegetativa, incluyendo cultivos con distintos valores de Ky, el cultivo con mayor valor de Ky, sufrirá mayor pérdida de rendimiento que el cultivo con menor valor de Ky (Doorenbos y Kassam, 1980)

Teniendo en cuenta lo anterior que el cultivo con mayor valor de Ky sufrirá mayor pérdida, en nuestro caso el tratamiento de mayor rendimiento fue el fertilizante mineral (tabla 15 y figura 3) con un valor de 0.5 y el de menor valor fue el del biofertilizante con valor de 4.77, aseguro que estas grandes diferencias no corresponden a una limitación de agua en los tratamientos puesto que la distribución del agua en todo el período vegetativo fue distribuida con una buena uniformidad de 77% según Christiansen y bajo un régimen de riego programado(anexos 14-17), Más bien podría corresponder al factor de fertilidad o a la disposición y absorción de nutrientes por la planta y al tipo de riego

Tabla 15. Coeficientes de rendimiento Ky calculados, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L) en los diferentes tratamientos de abonos orgánicos y mineral en la finca Las Mercedes.

Parámetros del Cultivo	Valores máximo	TRATAMIENTOS			
		Sintético	Compost	Bocashi	Biofertilizante
Rendimiento [Kg ha ⁻¹]	78110	70020	38160	19192	6667
$\frac{Y_r}{Y_m}$ [%]	100	89.64	48.85	24.57	8.53
EVTP [m ³ .ha ⁻¹]	250	200	198	198	202
$\frac{EVTP_r}{EVTP_m}$ [%]	100	80	79.2	79.2	80.8
Ky		0.51	2.46	3.6	4.77

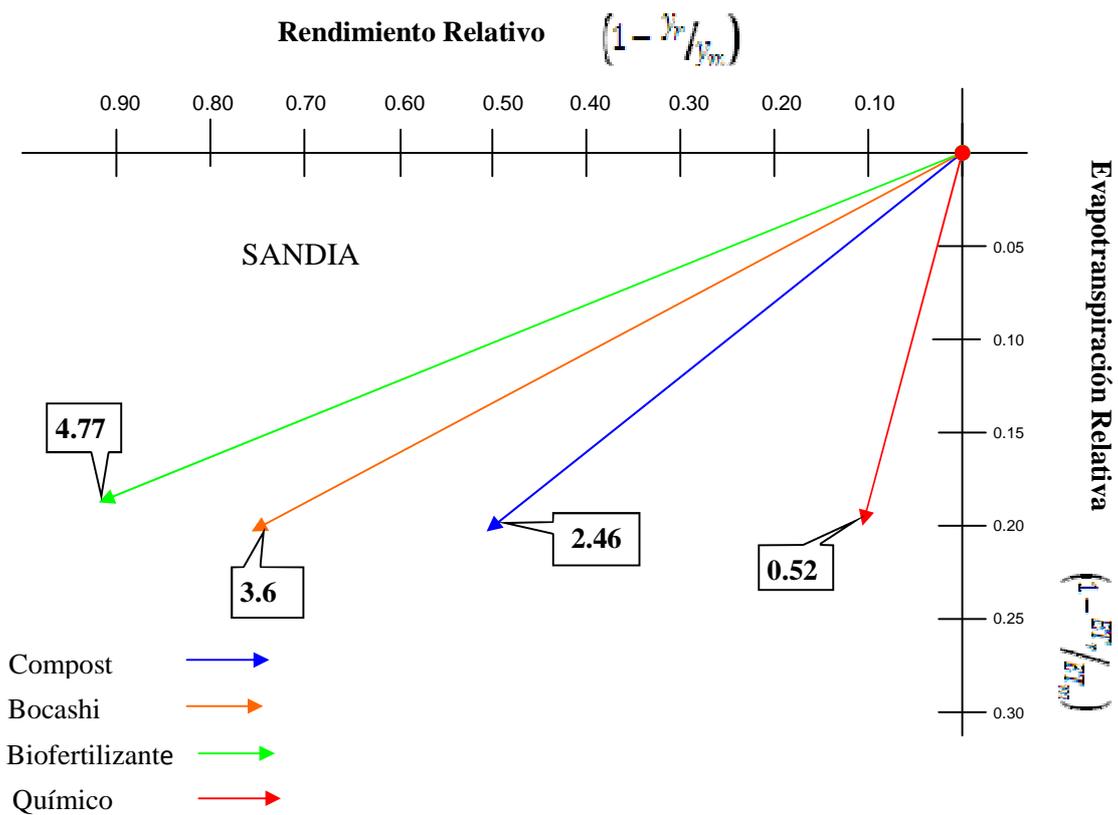


Figura. 3 Coeficientes de rendimiento del cultivo de sandía, época de primera (2009) en la unidad experimental finca Las Mercedes.

VI CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- Para las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo en diferentes fechas no se encontró significancia.
- La aplicación de 350 kg/ha de 12-30-10 más Urea 46% a razón de 219 kg/ha indujo a obtener los mayores resultados en el número de frutos por planta y peso del fruto, logrando obtener y mayor rendimiento de 70 020 kg/ha.
- El régimen de riego determinado en el cultivo fijó una mayor norma de riego en la fase de floración y fructificación del fruto
- En la tercera decena de mayo y segunda decena de junio no se aplicó riego por que con las precipitaciones caídas fue suficientes para satisfacer el cultivo.
- Los valores encontrados en el coeficiente de rendimiento son: sintético, 0.51; compost, 2.46; bocashi, 3.6 y biofertilizante, 4.77.
- Los valores encontrados para el coeficiente del cultivo en las diferentes fases son: fase inicial 0.52, para la fase de desarrollo 0.60, 0.70 y 0.80, para la fase de floración y fructificación 0.96, 1.09 y 0.98 y en la fase de cosecha 0.83.
- En base al análisis económico realizado, el cultivo de sandía es económicamente viable si se produce con el uso de fertilizantes sintético bajo las condiciones climáticas de la unidad experimental finca Las Mercedes.

VII RECOMENDACIONES

Fundamentados en los resultados obtenidos en este estudio se recomienda:

- Trabajar con biofertilizante como un complemento de abonos orgánicos.
- Probar con los mismos tipos de abonos orgánicos (compost bocashi) con fuentes diferentes a las utilizadas en el estudio
- Realizar nuevos estudios en relación a los coeficientes de cultivo y de rendimiento bajo riego por goteo.
- Realizar nuevos estudios del coeficiente de rendimiento en las diferentes etapas de desarrollo de la sandía.

VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Altieri, M. 1995. Agroecología: creando sinergia para la agricultura sostenible, universidad de Berkeley y consorcio Latinoamericano Agroecología y desarrollo (CLADES) 63 p.

Aparício, MF. 2004. Fundamentos de la hidrología de la superficie. Limusa S. A. 177 p.

Arzola, PL.; Fundora, HO.; Machado, AJ. 1981. Suelo, planta y abonado. Ed. El pueblo y educación. La Habana, Cuba. p. 461.

Borrego, M; Gómez, M; García, P. 2002. El Cultivo de la Sandia. Ediciones Mundi prensa Barcelona. 175 p.

Casaca, AD. 2005. Documento técnico. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. San José Costa Rica. Editorial ECAG. 3 p.

Castellanos, JZ. 1980. El estiércol como fuente nitrógeno. Seminario Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuaria – Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México 50p.

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO (CIMMYT). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, un manual metodológico de evaluación económica México DF. p. 8-38

Cisneros, SR. 2000. Efecto del abono orgánico en el cultivo de hortalizas. León, Nicaragua. 5 p.

Dencker, CH. 1966. Manual de técnicas agrícolas. Ed, Omega, s. a. Barcelona. P.5-28.

- Deras C, J. 2003.** Guía Técnica; Uso de riegos. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). San Salvador (El Salvador). P.12-15.
- Doorenbos, J y Kassam, A. 1980.** Efectos del agua sobre rendimiento de los cultivos. Estudios FAO: Riego y Drenaje. Ed. FAO. Roma, Italia. p.41-213.
- Dueñas G, M. 1981.** El Riego. Ed. El pueblo y Educación. La Habana (Cuba). p.5-33.
- Fernández, I,A. 1996.** Estudio de la regulación de la producción en sandía (*Citrullus vulgaris* L.) mediante la aplicación de tres sistemas de poda. Tesis Universidad de San Carlos. Guatemala. P. 25-27.
- Flores, RP. 1994.** Recomendaciones técnicas para el cultivo de la sandía. Escuela agrícola panamericana El Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 81 p.
- Flores, R; Gadea, V. 2001.** Efecto de número de plantas por nido y frutas por plantas sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de la sandía (*Citrullus vulgaris* Schrad). Tesis UNA. Managua. Nicaragua. 19 p.
- Gaitán, N. T. 2005.** Consultor nacional. Cadena del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) con potencial exportador. Managua. Nicaragua 8 p.
- García, L. 2001.** Fertilidad y fertilización de suelo Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua.141p.
- Gliessman, SR. 2002.** Agroecológica procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 4 p.

- Herrán, J. y Sañudo, R. 2008.** Importance of organic manures. Editorial INE-SEMARNAT, 62 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense De Estudios Territoriales). 2009.** Dirección de meteorología. Resumen de temperatura, humedad relativa, viento, evaporación y precipitación diaria. Managua.
- Jugenheimer, RW. 1981.** Maíz; variedades mejoradas. Métodos de cultivos y producción de semilla. México D. F. Editorial Limusa. 841 p.
- Laguna, G y Cruz, J. 2006.** Producción de semilla de pipián bajo estructuras protegidas. INTA, san Isidro. 8 p.
- Losada, A; L. Juana; Martínez, J. 1997.** Comparación entre funciones estimativas de la distribución del agua por goteo. Asociación Española de Riego y Drenajes. 51 p.
- Marrero G, E. 2007.** Operación y mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje. Explotación y mantenimiento del riego por aspersión. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua. 10 p.
- Morales, RC. 1999.** Produzca frutas, cultive sandía. Ediciones Graphic Print, S.A. Managua. 14-54 p.
- Olivera, J. 1998.** Guía para formular un plan de manejo agroecológico en un predio. Quito, Ec. CEA (Coordinación Ecuatoriana de Agro ecología). 90 p.
- Pedroza, HP. 1993.** Fundamentos de Experimentación Agrícola. CECOTROPIC, Managua, Nicaragua. 195 p.

- Peña, JJ; Grageda, OA; Vera, JA. 2001.** Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las Técnicas isotópicas (15N). Terra 20:51-56 Irapuato, Guanajuato, México 18p.
- Quer, F.P. 1982.** Diccionario de Botánica. 8ª reimpresión. Barcelona: Editorial Labor, S. A.
- Reche, MJ. 1988.** La sandia: servicio de extensión agraria. Ed. MUNDI-PRENSA. Madrid, España. p 75-79.
- Restrepo, J. 2001.** Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizante foliares. Ed. SIMAS. Managua, Nicaragua 153 p.
- Restrepo, RJ. 2007.** Manual práctico: El A, B, C de la agricultura orgánica harina de rocas. Ed. SIMAS. Managua, Nicaragua. 19-91 p.
- Somarriba, RC. 1998.** Texto granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. p. 1-57.
- Stewart, J. I. y R.M.Hagan. 1973.** Función para predecir los efectos del déficit hídrico de los cultivos. Diario de la División de Riego y Drenaje 99: 421-439.
- Suquilanda, M. 1 999.** Agricultura Orgánica. Quito, Ec. Ediciones UPSFUNDAGRO. 46 – 250 p.
- Tyson, AW y Harrison, K. 2009.** Irrigación en el cultivo de sandia (en línea) consultado 10 enero 2010. Disponible en: www.hortalizas.com > Calidad e Inocuidad.
- Torres, MC. 1993.** Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno y densidades sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Tesis. UNA. Managua, Nicaragua. p. 30.

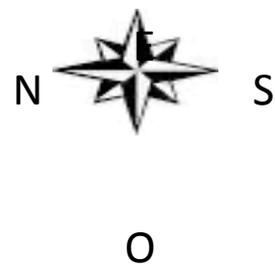
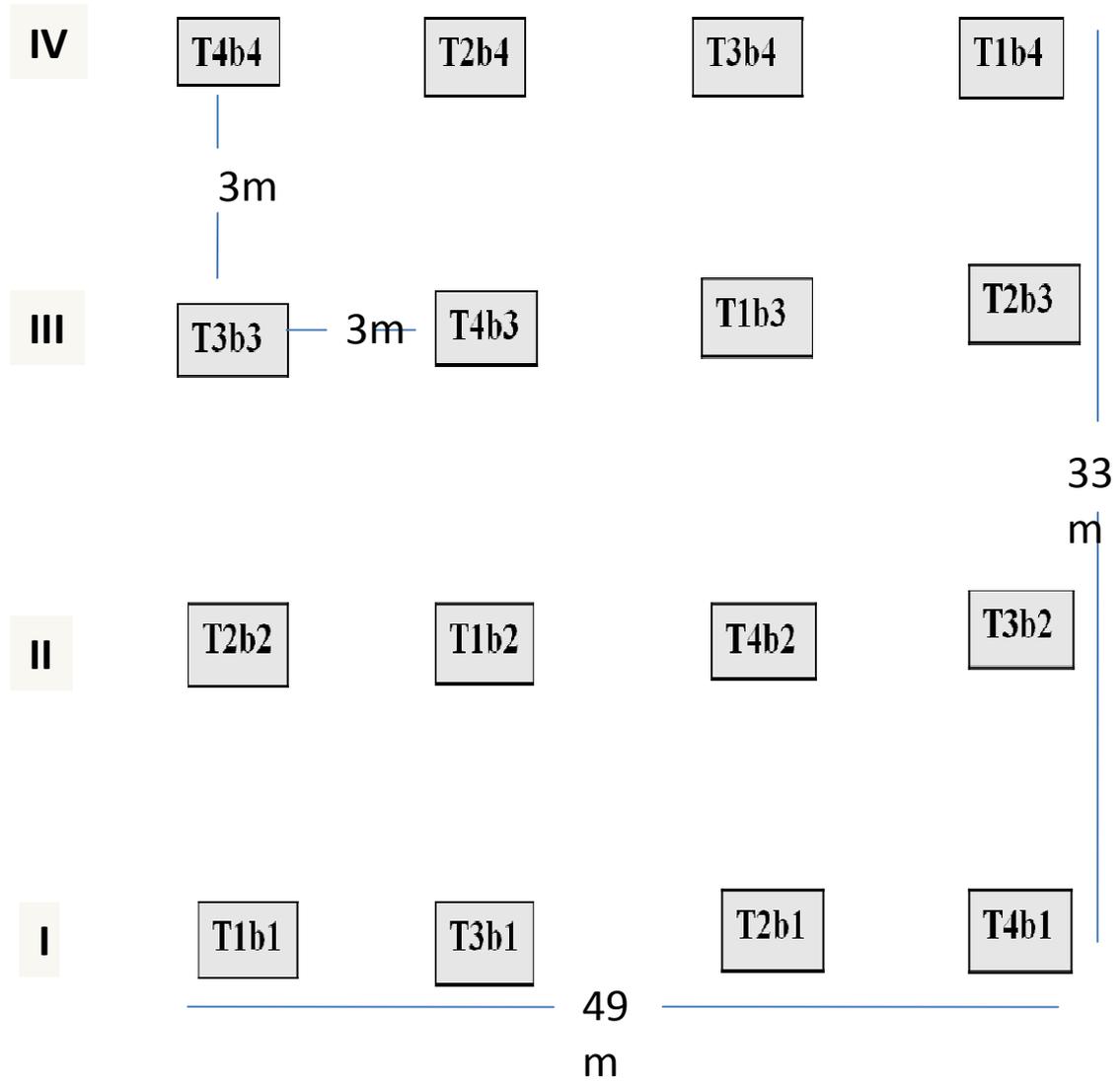
UNA (Universidad Nacional Agraria). 2009. Análisis de suelo de Las Mercedes, análisis de los abonos orgánicos y análisis de agua del pozo Las Mercedes. Laboratorio de suelo y agua.

Villanueva, E. 1990. Los suelos de la finca Las Mercedes y las propiedades más relevantes para planear su uso y manejo. Tesis UNA. Managua. Nicaragua. 28 p.

Valverde, JC. 2000. Riego y Drenaje. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José Costa Rica. 69-129 p.

IX ANEXOS

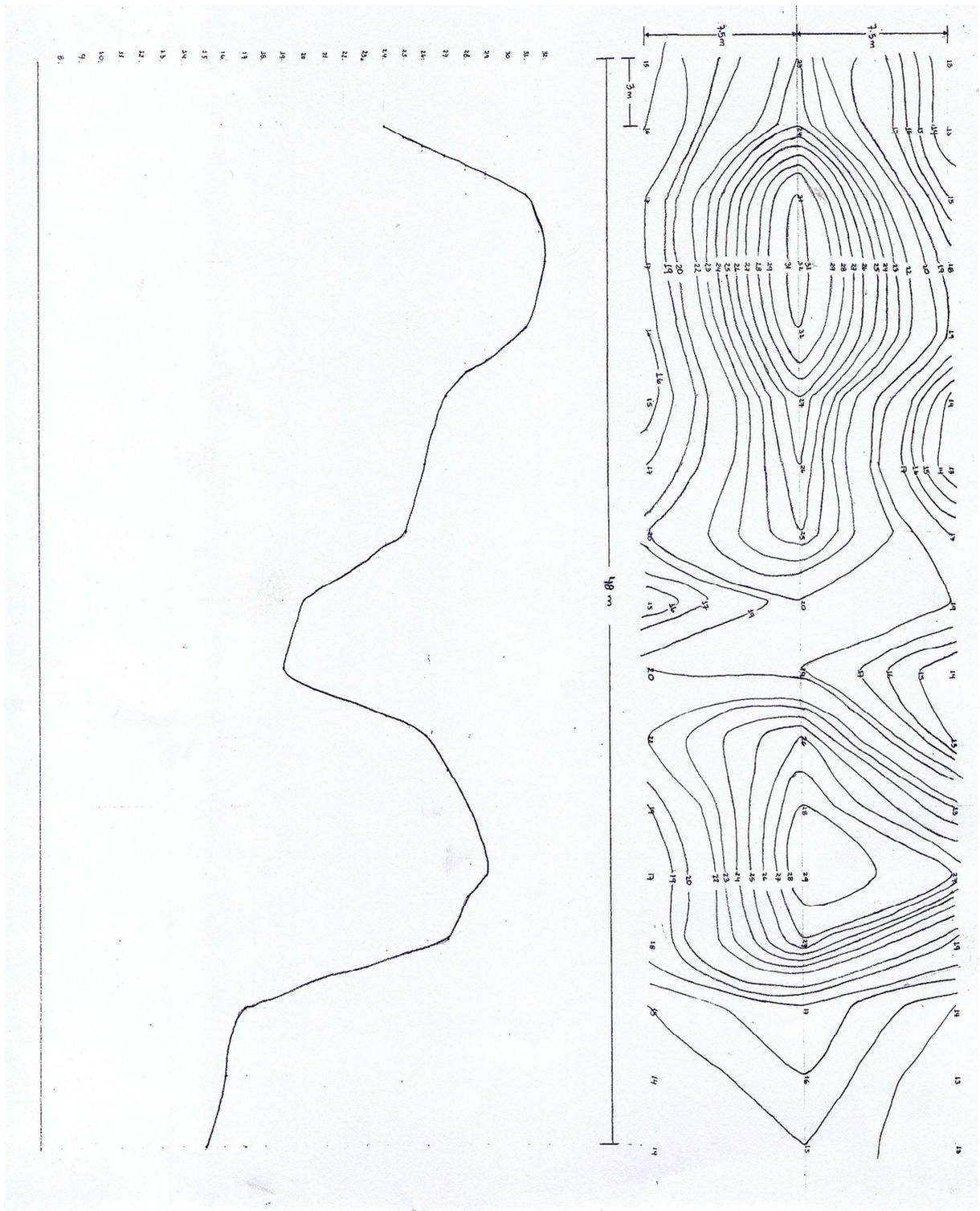
A-1 Diseño experimental.



A-2 Cantidad de agua recogida en los pluviómetros

N°	$I_i(mm/3h)$	I_m	$ I_i - I_m $	N°	$I_i(mm/3h)$	I_m	$ I_i - I_m $
1	15	19.2549	4.2549	27	19	19.2549	0.2549
2	16	19.2549	3.2549	28	26	19.2549	6.7451
3	17	19.2549	2.2549	29	28	19.2549	8.7451
4	17	19.2549	2.2549	30	30	19.2549	9.7451
5	16	19.2549	3.2549	31	27	19.2549	7.7451
6	15	19.2549	4.2549	32	17	19.2549	2.2549
7	17	19.2549	2.2549	33	16	19.2549	3.2549
8	20	19.2549	0.7451	34	15	19.2549	4.2549
9	15	19.2549	4.2549	35	13	19.2549	6.2549
10	20	19.2549	0.7451	36	13	19.2549	6.2549
11	22	19.2549	2.7451	37	15	19.2549	4.2549
12	19	19.2549	0.2549	38	18	19.2549	1.2549
13	18	19.2549	2.2549	39	19	19.2549	0.2549
14	17	19.2549	1.2549	40	14	19.2549	5.2549
15	15	19.2549	4.2549	41	13	19.2549	6.2549
16	14	19.2549	5.2549	42	17	19.2549	2.2549
17	14	19.2549	5.2549	43	19	19.2549	0.2549
18	23	19.2549	3.7451	44	14	19.2549	5.2549
19	24	19.2549	4.7451	45	15	19.2549	4.2549
20	31	19.2549	11.7451	46	23	19.2549	3.7451
21	32	19.2549	12.7451	47	27	19.2549	7.7451
22	31	19.2549	11.7451	48	19	19.2549	0.2549
23	27	19.2549	7.7451	49	14	19.2549	5.2549
24	26	19.2549	6.7451	50	13	19.2549	6.2549
25	25	19.2549	5.7451	51	13	19.2549	6.2549
26	20	19.2549	0.7451				
Σ					982		228.8235

A-3 Trazado de las isolíneas de igual precipitación



A-4 Cálculos de la uniformidad de la lluvia por la fórmula de Christiansen.

$$I_m = \frac{\sum I_i}{n} = \frac{982}{51} = 19.2549 \text{ mm. h}^{-1}$$

$$\sum |I_i - I_m| = 228.8235$$

$$n \times I_m = 51 \times 19.2549 = 982 \text{ mm. h}^{-1}$$

$$C_u = 100 \left[1 - \frac{\sum |I_i - I_m|}{n I_m} \right], \quad C_u = 100 \left[1 - \frac{228.8235}{982} \right] = 76.7 \cong 77\% \rightarrow \text{Bueno.}$$

A-5 Fórmula del aspersor y resultados de la aforación de los aspersores.

$$q = 42.83h^{0.71}$$

$$p = 29.86 \text{ psi} \rightarrow 1.625 \text{ lt/s en } 5 \text{ seg}$$

$$1.625 \rightarrow 5 \text{ seg}$$

$$x \rightarrow 1 \text{ seg}$$

$$x = \frac{1.625 \text{ lt} \times 1 \text{ seg}}{5 \text{ seg}} = 0.325 \text{ lt. seg}^{-1}$$

A-6 Cálculo de los tiempos de puesta del riego.

$$I_{lluv} = \frac{3600 \times q_a}{A_{humed.}}, \quad I_{lluv} = \frac{3600 \times 5(0.325 \text{ lt. seg}^{-1})}{965m^2} = 6.08 \text{ mm. h}^{-1}$$

$$Mp_{b1} = \frac{Mp_{n1}}{Ef} = \frac{15.5}{0.85} = 18.23 \text{ mm,}$$

$$Mp_{b2} = \frac{Mp_{n2}}{Ef} = \frac{21}{0.85} = 24.70 \text{ mm}$$

$$Tp_1 = \frac{Mp_{b1}}{I_{lluv}} = \frac{18.23 \text{ mm}}{6.08 \text{ mm. h}^{-1}} = 3 \text{ h,}$$

$$Tp_2 = \frac{Mp_{b2}}{I_{lluv}} = \frac{21 \text{ mm}}{6.08 \text{ mm. h}^{-1}} = 4.1 \text{ h}$$

A-8 Porcentajes de humedad, cálculos de las reservas iniciales y finales en el régimen de explotación del ciclo del cultivo.

PORCENTAJE DE HUMEDAD									
	ABRIL			MAYO			JUNIO		
Tratamiento	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec
Biofertilizante	21.10	30.9	30.55	20.6	30.3	31.73	29.7	29.7	29.19
Bocashi	21.15	30.90	30.51	20.70	30.25	31.79	29.75	29.65	29.24
Compost	21.21	30.92	30.48	20.65	30.19	31.75	29.71	29.61	29.22
Químico	21.10	30.92	30.58	20.68	30.23	31.75	29.77	29.61	29.16
DENSIDAD APARENTE									
	<i>ODW (g)</i>			<i>CV (cm⁻³)</i>			<i>Da (g.cm⁻³)</i>		
1	100			100			1.00		
2	112.4			100			1.12		
3	102.5			100			1.03		
4	92.4			100			0.92		
5	107.6			100			1.08		
6	108.1			100			1.08		
7	96.3			100			0.96		
8	109.5			100			1.10		
9	102.4			100			1.02		
X	1.03								
RESERVAS INICIALES									
$W_i = 100 \times \Delta H \times D_a \times \%Hp_{\text{inicio de la decena}} (\Delta H = 0.20 - 0.30m)$									
	$W_i = 100 \times 0.20 \times 1.03 \times \%Hp_i$					$W_i = 100 \times 0.30 \times 1.03 \times \%Hp_i$			
Biofertilizante	437	637	629	637	936	980	918	918	902
Bocashi	436	637	629	640	935	982	919	916	904
Compost	437	637	628	638	933	981	918	915	903
Químico	435	637	630	639	934	981	920	915	901
RESERVAS FINALES									
$W_f = 100 \times \Delta H \times D_a \times \%Hp_{\text{final de la decena}} (\Delta H = 0.20 - 0.30m)$									
	$W_f = 100 \times 0.20 \times 1.03 \times \%Hp_{f-dec}$					$W_f = 100 \times 0.20 \times 1.03 \times \%Hp_{f-dec}$			
Compost	637	628	638	933	981	918	915	903	
Bocashi	637	629	640	935	982	919	916	904	
Biofertilizante	637	629	637	936	980	918	918	902	
Químico	637	630	639	934	981	920	915	901	

A-9 Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento compost

$evpt = W_i - W_f + p_a + N_r M_p$	$K_c = \frac{evtp}{evp}$
DECENAS DE ABRIL	
$evpt = 437 - 637 + 5(155) = 575m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{575}{1114} = 0.52$
$evpt = 637 - 628 + 5(155) = 784ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{784}{1304} = 0.60$
$evpt = 628 - 638 + 5(155) = 765m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{765}{1089} = 0.70$
DECENAS DE MAYO	
$evpt = 638 - 933 + 15 + 5(210) = 770m^3ha^{-1}$ $p_c = 15 \rightarrow P_a = 15$	$K_c = \frac{770}{962} = 0.80$
$evpt = 933 - 981 + 5(210) = 1002m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{1002}{1045} = 0.96$
$evpt = 981 - 918 + 898 = 961m^3ha^{-1}$ $p_c = 898m^3ha^{-1} \rightarrow P_a = 898m^3ha^{-1}; N_r = 0$	$K_c = \frac{961}{880} = 1.09$
DECENAS DE JUNIO	
$evpt = 918 - 915 + 9 + 3(210) = 642m^3ha^{-1}$ $p_c = 9m^3ha^{-1} \rightarrow P_a = 9m^3ha^{-1}$	$K_c = \frac{642}{652} = 0.98$
$evpt = 915 - 903 + 186 = 198m^3ha^{-1}$ $p_c = 186m^3ha^{-1} \quad P_a = 186m^3ha^{-1}; N_r = 0$	$K_c = \frac{198}{241} = 0.82$

A-10 Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento bocashi.

$evpt = W_i - W_f + p_a + N_r M_p$	$K_c = \frac{evtp}{evp}$
DECENAS DE ABRIL	
$evpt = 436 - 637 + 5(155) = 574m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{574}{1114} = 0.52$
$evpt = 637 - 629 + 5(155) = 783ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{783}{1304} = 0.60$
$evpt = 629 - 640 + 5(155) = 764m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{764}{1089} = 0.70$
DECENAS DE MAYO	
$evpt = 640 - 935 + 15 + 155(210) = 772m^3ha^{-1}$ $p_c = 15 \rightarrow P_a = 15$	$K_c = \frac{772}{962} = 0.80$
$evpt = 935 - 982 + 5(210) = 1003m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{1003}{1045} = 0.96$
$evpt = 982 - 919 + 898 = 961m^3ha^{-1}$ $p_c = 898m^3ha^{-1} \rightarrow P_a = 898m^3ha^{-1}; N_r = 0$	$K_c = \frac{961}{880} = 1.09$
DECENAS DE JUNIO	
$evpt = 919 - 916 + 9 + 3(210) = 642m^3ha^{-1}$ $p_c = 9m^3ha^{-1} \rightarrow P_a = 9m^3ha^{-1}$	$K_c = \frac{642}{652} = 0.98$
$evpt = 916 - 904 + 186 = 198m^3ha^{-1}$ $p_c = 186m^3ha^{-1} \quad P_a = 186m^3ha^{-1}; N_r = 0$	$K_c = \frac{198}{241} = 0.82$

A-11 Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento biofertilizante

$evpt = W_i - W_f + p_a + N_r M_p$	$K_c = \frac{evtp}{evp}$
DECENAS DE ABRIL	
$evpt = 437 - 637 + 5(155) = 575m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{575}{1114} = 0.52$
$evpt = 637 - 629 + 5(155) = 783m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{783}{1304} = 0.60$
$evpt = 629 - 637 + 5(155) = 767m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{767}{1089} = 0.70$
DECENAS DE MAYO	
$evpt = 637 - 936 + 15 + 5(210) = 766m^3ha^{-1}$ $p_c = 15 \rightarrow P_a = 15$	$K_c = \frac{766}{962} = 0.80$
$evpt = 936 - 980 + 5(210) = 1006m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{1006}{1045} = 0.96$
$evpt = 980 - 918 + 898 = 960m^3ha^{-1}$ $p_c = 898m^3ha^{-1} \rightarrow P_a = 898m^3ha^{-1}; N_r = 0$	$K_c = \frac{960}{880} = 1.09$
DECENAS DE JUNIO	
$evpt = 918 - 918 + 9 + 3(210) = 639m^3ha^{-1}$ $p_c = 9m^3ha^{-1} \rightarrow P_a = 9m^3ha^{-1}$	$K_c = \frac{639}{652} = 0.98$
$evpt = 918 - 902 + 186 = 202m^3ha^{-1}$ $p_c = 186m^3ha^{-1} \quad P_a = 186m^3ha^{-1}; N_r = 0$	$K_c = \frac{202}{241} = 0.84$

A-12 Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento químico

$evpt = W_i - W_f + p_a + N_r M_p$	$K_c = \frac{evtp}{evp}$
DECENAS DE ABRIL	
$evpt = 435 - 637 + 5(155) = 573m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{573}{1114} = 0.51$
$evpt = 637 - 630 + 5(155) = 782ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{782}{1304} = 0.60$
$evpt = 630 - 639 + 5(155) = 766m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{766}{1089} = 0.70$
DECENAS DE MAYO	
$evpt = 639 - 934 + 15 + 5(210) = 770m^3ha^{-1}$ $p_c = 15 \rightarrow P_a = 15$	$K_c = \frac{770}{962} = 0.80$
$evpt = 934 - 981 + 5(210) = 1003m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{1003}{1045} = 0.96$
$evpt = 981 - 920 + 898 = 959m^3ha^{-1}$ $p_c = 898m^3ha^{-1} \rightarrow P_a = 898m^3ha^{-1}; N_r = 0$	$K_c = \frac{959}{880} = 1.09$
DECENAS DE JUNIO	
$evpt = 920 - 915 + 9 + 3(210) = 644m^3ha^{-1}$ $p_c = 9m^3ha^{-1} \rightarrow P_a = 9m^3ha^{-1}$	$K_c = \frac{644}{652} = 0.99$
$evpt = 915 - 901 + 186 = 200m^3ha^{-1}$ $p_c = 186m^3ha^{-1} \quad P_a = 186m^3ha^{-1}; N_r = 0$	$K_c = \frac{200}{241} = 0.83$

A-13 Cálculos del régimen de riego en proyecto.

Para la I, II y III decena de abril.

$$W_{max} = 100 \times \Delta H \times D_a C_c \quad , \quad \Delta H = 0.20m$$

$$W_{max} = 100 \times 0.20 m \times 1.03 g/cm^3 \times 35.95$$

$$W_{max} = 741m^3 ha^{-1}$$

Reserva valida para la I decena de mayo hasta la II decena de junio.

$$\Delta H = 0.30m$$

$$W_{max} = 100 \times 0.30 m \times 1.03 g/cm^3 \times 35.95$$

$$W_{max} = 1111m^3 ha^{-1}$$

Reserva valida para la I, II y III decena de Abril; puesto que ΔH : 0.20m

$$W_{min} = 100 \times \Delta H \times D_a L_p$$

$$W_{min} = 100 \times 0.20 m \times 1.03 g/cm^3 \times 79\%(35.95)$$

$$W_{min} = 586m^3 ha^{-1}$$

(Reserva valida para la I decena de mayo hasta la II decena de junio)

$$W_{min} = 100 \times 0.30 m \times 1.03 g/cm^3 \times 79\%(35.95)$$

$$W_{min} = 901m^3 ha^{-1}$$

(Norma parcial valida para la I, II y III decena de Abril.)

$$Mp = M_{max} - M_{Min}$$

$$Mp = 741 - 586$$

$$Mp = 155m^3 ha^{-1}$$

Norma parcial valida para la I decena de mayo hasta la II decena de junio

$$Mp = 1111 - 901$$

$$Mp = 210m^3 ha^{-1}$$

$$W_i = 100 \times \Delta H \times D_a H_{p_{al inicio de la decena para el regimen riego en explotacion}}$$

$$W_i = 90\% M_{max}$$

- Criterios para la P_a en la primera decena de abril:

$$\text{Como: } P_c \leq evtp \rightarrow P_a \text{ entonces la } 31 < 436 \rightarrow P_a = 31$$

- ¿Hay que regar?

$$\text{Si la: } Evtp > (W_i - W_{min}) + P_a \rightarrow \text{se tiene que regar}$$

$$436 > (667 - 585) + 31,$$

$$436 > 31 \rightarrow \text{se debe regar}$$

- ¿Cuántos riegos se deben de aplicar?

$$Evtp > (W_i - W_{min}) + P_a + N_r M_p$$

$$436 \leq (667 - 585) + 31 + 3(155)$$

$$436 < 578 \rightarrow \text{se debe de aplicar 3 riegos}$$

- Fechas de riego:

$$Fechas_{riego} = 113 + 0(155) / \frac{436}{10} = 3, \quad Fechas_{riego} = 113 + 1(155) / \frac{436}{10} = 6$$

$$Fechas_{riego} = 113 + 2(155) / \frac{436}{10} = 10$$

El día 3, 6 y 10 de abril se debe regar aplicando una norma de 15.5 mm

$$\sum Total \text{ ingresos} = W_i + p_a + M_{pr}$$

$$\sum Total \text{ ingresos} = 667 + 31 + 3(155) = 1163 m^3 ha^{-1}$$

$$W_f = 100 \Delta H D_a H_P - \text{al final de la decena} \quad \text{Para regimen de riego en explotación}$$

$$W_f = \sum T. \text{ Ing.} - \text{Egresos, para regimen de riego en proyecto}$$

$$W_f = 1163 m^3 ha^{-1} - 436 m^3 ha^{-1} \quad W_f = 727 m^3 ha^{-1}$$

$$W_{con} = W_{max} - W_f$$

$$W_{con} = 741 m^3 ha^{-1} - 727 m^3 ha^{-1} = 14 m^3 ha^{-1}$$

$$W_f$$

$$W_{pre} = W_f - W_{min}$$

$$W_{pres} = 727 m^3 ha^{-1} - 585 m^3 ha^{-1} = 142 m^3 ha^{-1}$$

Estos procesos son repetitivos para la demás decenas, los siguientes cálculos se encuentran en tabla 10 y 11.

A-14 Cálculo de la Evapotranspiración potencial por el método de Doorenbos y Pruitt.

$$ETP = (a + b)WRs$$

$$Rs = (0.25 + 0.50 \frac{n}{N})Ra$$

Datos:

Temperatura: 32.69°C

Insolación media n: 5.61 h

Vientos diurnos: 5.93 m/s

Humedad relativa: 75%

Latitud: 12°08'36"N=12.14°

Altitud: 56 msnm

- Radiación extraterrestre Ra para Junio por la tabla N° 3 (Lat N12°08'36" y mes)

Interpolando obtenemos:

$$2 \left\{ \begin{array}{l} 14^\circ \longrightarrow 15.7 \\ 12.14^\circ \longrightarrow X? \\ 12^\circ \longrightarrow 15.5 \end{array} \right\} 0.2 \quad \begin{array}{l} 2 \quad 0.2 \longrightarrow \\ 1.86 \longrightarrow X \end{array}$$

$$X = (1.86 \times 0.2) / 2 = 0.186 \quad \rightarrow \quad Ra = 15.7 - 0.186 = 15.514$$

$$Ra = 15.514 \text{ mm dia}^{-1}$$

- Duración Máxima diaria de insolación N por la tabla N°2 (Lat N12°08'36" y mes). Interpolando obtenemos:

$$5 \left\{ \begin{array}{l} 15^\circ \longrightarrow 13 \\ 12.14^\circ \longrightarrow X? \\ 10^\circ \longrightarrow 12.7 \end{array} \right\} 2.86 \quad \begin{array}{l} 5 \longrightarrow 0.3 \\ 2.86 \longrightarrow X \end{array}$$

$$X = (2.86 \times 0.3) / 5 = 0.1716 \quad \rightarrow \quad N = 13 - 0.1716 = 12.83, \quad N = 12.83h$$

Entonces:

→

$$R_s = \left[0.25 + 0.50 \left(\frac{5.61}{12.83} \right) \right] \times R_a$$

$$R_s = (0.25 + 0.50(6.13/12.83))15.514$$

$$R_s = 7.27 \text{ mm dia}^{-1}$$

- Factor de ponderación W por la tabla N° 1 ($T=31.32^\circ\text{C}$ y $Alt=56\text{msnm}$)
Interpolando obtenemos:

$$\begin{array}{r}
 2 \left\{ \begin{array}{l} 34^\circ\text{C} \\ 32.69^\circ\text{C} \end{array} \right\} 0.68 \quad \left. \begin{array}{l} \rightarrow 0.82 \\ \rightarrow X? \end{array} \right\} 0.02 \\
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ 32^\circ\text{C} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \rightarrow 0.80 \end{array} \right\} \\
 X = (1.31 \times 0.02) / 2 = 0.0131 \quad \rightarrow \quad W = 0.82 - 0.0131 = 0.8069
 \end{array}$$

$$W = 0.8069$$

- Termino de radiación $W \times R_s$
 $W \times R_s = 0.8069 \times 7.58 = 5.9 \text{ mm/dia}$
- Evapotranspiración potencial ETP, por la figura 1 (Vientos fuertes = 5.93 m s^{-1} y $Hr75\%$)
- ETP = 5 mm dia^{-1}
ETP en la decena = $5 \text{ mm dia}^{-1} \times 10 \text{ días} = 50 \text{ mm dec}^{-1}$
ETP en la decena = $50 \text{ mm dec}^{-1} \times 10 = 500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en la decena
ETP en la mitad de la decena = $250 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

A-15 Cálculo de régimen de riego del cultivo sandía (compost)

Mes	Dec	Wmax	Wmin	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingresos	EGRESOS			W f	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Kb	Ev	Evtp			
						Pc	Pa	Fechas	Mp							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ABRIL	I	741	586	155	437	0	0	1,3,5,7,9	5(155)	1212	0.52	1114	575	637	104	51
	II	741	586	155	637	0	0	11,13,15,17,19	5(155)	1412	0.60	1304	784	628	113	42
	III	741	586	155	628	0	0	21,23,25,27,29	5(155)	1403	0.70	1089	765	638	103	52
MAYO	I	1111	901	210	638	15	15	2,4,6,8,10	5(210)	1703	0.80	962	770	933	178	32
	II	1111	901	210	933	0	0	12,14,16,18,20	5(210)	1983	0.96	1045	1002	981	130	80
	III	1111	901	210	981	898	898		0	1879	1.09	880	961	918	193	17
JUNIO	I	1111	901	210	918	9	9	1,3,5	3(210)	1557	0.98	652	642	915	196	14
	II	1111	901	210	915	186	186	0	0	1101	0.82	241	198	903	208	2
Total						1108	1108	28	5055	12250			5697			

RESUMEN DE TABLA:

- ❖ Norma total de riego: 5055 m³ ha⁻¹.
- ❖ Número de riegos: 28
- ❖ Coeficiente de aprovechamiento de la lluvia: 100%.
- Evapotranspiración total del ciclo: 5697 m³ ha⁻¹.
- La norma total de riego aportó el agua para el: 89% de la Evtp

A-16 Cálculo de régimen de riego del cultivo sandía (bocashi)

Mes	Dec	Wmax	Wmin	Mp	Wi	INGRESOS				Total de	EGRESOS			W f	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Ingresos	Kb	Ev			
						Pc	Pa	Fechas	Mp							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ABRIL	I	741	586	155	436	0	0	1,3,5,7,9	5(155)	1211	0.52	1114	574	637	104	52
	II	741	586	155	637	0	0	11,13,15,17,19	5(155)	1412	0.60	1304	783	629	112	43
	III	741	586	155	629	0	0	21,23,25,27,29	5(155)	1404	0.70	1089	764	640	101	54
MAYO	I	1111	901	210	640	15	15	2,4,6,8,10	5(210)	1707	0.80	962	772	935	176	34
	II	1111	901	210	935	0	0	12,14,16,18,20	5(210)	1985	0.96	1045	1003	982	129	81
	III	1111	901	210	982	898	898		0	1880	1.09	880	961	919	192	18
JUNIO	I	1111	901	210	919	9	9	1,3,5	3(210)	1558	0.98	652	642	916	195	15
	II	1111	901	210	916	186	186	0	0	1102	0.82	241	198	904	207	3
Total							1108	28	5055	12259			5697			

RESUMEN DE TABLA:

- ❖ Norma total de riego: 5055 m³ ha⁻¹.
- ❖ Coeficiente de aprovechamiento de la lluvia: 100%.
- ❖ La norma total de riego aportó el agua para el: 89% de la Evtp.
- ❖ Evapotranspiración total del ciclo: 5697 m³ ha⁻¹.
- ❖ Número de riegos:28

A-17 Cálculo de régimen de riego del cultivo sandía (biofertilizante)

Mes	Dec	Wmax	Wmin	Mp	Wi	INGRESOS				Total de	EGRESOS			W f	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Ingresos	Kb	Ev			
						Pc	Pa	Fechas	Mp							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ABRIL	I	741	586	155	437	0	0	1,3,5,7,9	5(155)	1212	0.52	1114	575	637	104	51
	II	741	586	155	637	0	0	11,13,15,17,19	5(155)	1412	0.6	1304	783	629	112	43
	III	741	586	155	629	0	0	21,23,25,27,29	5(155)	1404	0.7	1089	767	637	104	51
MAYO	I	1111	901	210	637	15	15	2,4,6,8,10	5(210)	1702	0.8	962	766	936	175	35
	II	1111	901	210	936	0	0	12,14,16,18,20	5(210)	1986	0.96	1045	1006	980	131	79
	III	1111	901	210	980	898	898	-	0	1878	1.09	880	960	918	193	17
JUNIO	I	1111	901	210	918	9	9	1,3,5	3(210)	1548	1	652	630	918	193	17
	II	1111	901	210	918	186	186	-	0	1104	0.84	241	202	902	209	1
Total						1108	1108	28	5055	12246			5689			

RESUMEN DE TABLA

- ❖ Norma total de riego: 5055 m³ ha⁻¹
- ❖ Número de riegos: 28
- ❖ Coeficiente de aprovechamiento de la lluvia: 100%
- ❖ Evapotranspiración total del ciclo: 5689
- ❖ La norma total de riego aportó el agua para : el 89% de la Evtp

A-18 Cálculo de régimen de riego del cultivo sandía (químico)

Mes	Dec	Wmax	Wmin	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingresos	EGRESOS			W f	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Kb	Ev	Evtp			
						Pc	Pa	Fechas	Mp							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ABRIL	I	741	586	155	435	0	0	1,3,5,7,9	5(155)	1210	0.51	1114	573	637	104	51
	II	741	586	155	637	0	0	11,13,15,17,19	5(155)	1412	0.60	1304	782	630	111	44
	III	741	586	155	630	0	0	21,23,25,27,29	5(155)	1405	0.70	1089	766	639	102	53
MAYO	I	1111	901	210	639	15	15	2,4,6,8,10	5(210)	1704	0.80	962	770	934	177	33
	II	1111	901	210	934	0	0	12,14,16,18,20	5(210)	1984	0.96	1045	1003	981	130	80
	III	1111	901	210	981	898	898		0	1879	1.09	880	959	920	191	19
JUNIO	I	1111	901	210	920	9	9	1,3,5	3(210)	1559	0.99	652	644	915	196	14
	II	1111	901	210	915	186	186	0	0	1101	0.83	241	200	901	210	0
Total						1108	1108	28	5055	12254			5697			

RESUMEN DE TABLA:

- ❖ Norma total de riego: $5055 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.
- ❖ Número de riegos: 28
- ❖ Coeficiente de aprovechamiento de la lluvia: 100%.
- ❖ Evapotranspiración total del ciclo: $5697 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.
- ❖ La norma total de riego aportó el agua para el: 89% de la Evtp

A-19 Cálculos del Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky” para cada tratamiento

$Y_r = 78.11 \text{ ton} \rightarrow \text{dato facilitado por Ing. Dolores Tablada.}$

$$Ky = \frac{\left(1 - \frac{y_r}{y_m}\right)}{\left(1 - \frac{EVTPr}{EVTPr_m}\right)}$$

$$Ky_{compost} = \frac{\left(1 - \frac{38.14}{78.11}\right)}{\left(1 - \frac{198}{250}\right)} = , \quad Ky_{Bocashi} = \frac{\left(1 - \frac{19.192}{78.11}\right)}{\left(1 - \frac{198}{250}\right)}$$

$$Ky_{compost} = \frac{0.51}{0.21} = 2.46 \quad , \quad Ky_{Bocashi} = \frac{0.75}{0.21} = 3.6$$

$$Ky_{Biofertilizante} = \frac{\left(1 - \frac{6.667}{78.11}\right)}{\left(1 - \frac{202}{250}\right)} , \quad Ky_{Quimico} = \frac{\left(1 - \frac{70.02}{78.11}\right)}{\left(1 - \frac{200}{250}\right)}$$

$$Ky_{Biofertilizante} = \frac{0.91}{0.19} = 4.77 \quad , \quad Ky_{Quimico} = \frac{0.10}{0.20} = 0.51$$