



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA**

Trabajo de diploma

TEMA:

Evaluación del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L) variedad Crimson Giant 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. Meyling del Socorro Torrez Torrez

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 rábano (*Raphanus sativus* L) variedad Crimson Giant 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. Meyling del Socorro Torrez Torrez

ASESORES:

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

Managua, Nicaragua Mayo, 2011.

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de diploma a **DIOS**, por que esta meta la he logrado gracias a él, porque sin su ayuda e iluminación no hubiera sobrepasado cada uno de los obstáculos presentados durante el transcurso de mi carrera. Gracias **SEÑOR** por ser tan generoso conmigo.

A mis Padres, *Josefa Auxiliadora Torrez* y *Lino Andres Torrez*, por haberme inculcado buenos valores e instruirme por el camino del bien e impulsarme a lograr cada una de mis metas.

A mis hermanos *Erick Rafael Blanco* y *Ruddy Gabriel Torrez* por ser incondicionales conmigo.

A mis tías y tío *María Inés Vargas (q.p.d.)*, *Silvia Vargas*, *Maria Luisa Vargas* y *Blas Antonio Vargas* por ser las personas que me animaron a lograr cada una de mis metas y muy en especial a mi Abuela *Maria Torrez* por ser mi fuente de apoyo.

A mi prima *Lic. Gladys Isabel Morales* por ser mi mejor amiga, y por que se que tengo su apoyo en todo momento.

Meyling del Socorro Torrez Torrez

AGREDECIMIENTO

Agradezco a **DIOS** padre celestial y creador de todo el universo, por ser mi apoyo, mi consolador en los tiempos difíciles y mi único camino a seguir.

A mis amigas y amigo **Lilliam Torres, Ángela Polanco**, por ser mis amigas y por compartir todos los momentos especiales dentro y fuera del aula de clases. A **Rosita González y Jorge Lenin Peña** por que ellos fueron incondicionales conmigo durante el desarrollo de esta investigación.

A los Ingenieros **Ing. Arnoldo Polanco, Ing. MSc Emilio Marrero** por haber sido mis asesores y por colaborar conmigo en la realización de esta investigación, también en especial agradezco al **Ing. Miguel Ríos** por brindarme su ayuda, colaboración, orientación, comentarios, y tiempo, puesto que sin su apoyo no habría logrado culminar mi anhelado trabajo de diploma.

Al vice – rector **Dr. Víctor Aguilar** por brindarme su ayuda en la obtención de beca tesis, gracias Doctor, por ser tan accesible a las necesidades de los estudiantes.

A la Dirección de Investigación y Evaluación de Posgrado (**DIEP**) por su patrocinio en la realización de análisis de suelo.

Expreso mi gratitud a las siguientes personas:

Ing. Roberto Larios

Roger Álvarez

Ing. MSc. Leonardo García

Maria José García

Ing. Francis Bobby

Kristhel Auxiliadora Latino

Manuel Salgado Valle

A todas las personas mencionadas que Dios los bendiga y les agradezco su amistad, colaboración y apoyo en la realización de este trabajo investigativo.

Meyling del Socorro Torrez Torrez

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE TABLA	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	4
III. MATERIALES Y METODOS	5
3.1. Ubicación del experimento	5
3.2. Descripción de la variedad	6
3.3. Diseño Experimental	7
3.4. Descripción de los tratamientos	7
3.5. Manejo Agronómico	7
3.5.1. Preparación del suelo	7
3.5.2. Siembra	7
3.5.3. Control de Plagas	8
3.5.4. Control de Malezas	8
3.5.5. Raleo	8
3.5.6. Aporque	8
3.5.7. Cosecha	8
3.6. Aplicación de fertilizantes	8
3.7. Variables agronómicas evaluadas	9
3.7.1. Altura de la planta (cm)	9
3.7.2 Promedio de hojas por planta	9
3.7.3. Diámetro del tallo (mm)	9
3.7.4. Diámetro de la raíz (mm)	10

3.7.5. Peso de la raíz (gr.)	10
3.7.6. Rendimiento (Kg ha-1)	10
3.8. Análisis estadístico	10
3.8.1 Modelo aditivo lineal	10
3.9. Riego	11
3.9.1. Aforación de aspersores	11
3.9.2. Coeficiente de uniformidad y pluviometría o cantidad de agua recogida	11
3.9.3 Porcentaje de humedad	12
3.9.4. Densidad aparente	12
3.9.5 Reservas de agua iniciales y finales	13
3.9.6. Evapotranspiración Real	13
3.9.7. Evapotranspiración Potencial	13
3.10. Variables de Riegos	14
3.10.1. Coeficiente del cultivo “Kc”	14
3.10.2. Coeficiente del rendimiento del cultivo “Ky”	14
3.11. Análisis Económicos	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	16
4.1. Promedio de hojas por planta	16
4.2. Diámetro del tallo (cm)	17
4.3. Altura de la planta	18
4.4. Diámetro de la raíz	19
4.5. Peso de la raíz	19
4.6. Rendimiento	19
4.7. Análisis Económicos	20
4.7.1. Análisis de presupuesto parcial	20
4.7.2. Análisis de dominancia	21
4.8. Riego	21
4.8.1. Régimen de riego	22
4.8.2 Riego por aspersión	26
4.8.3 Coeficiente del cultivo “Kc”	26
4.8.4 Coeficiente de rendimiento “Ky”	28

V. CONCLUSIONES	30
VI. RECOMENDACIONES	31
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32
VIII. ANEXOS	36

INDICE DE TABLAS

N° TABLA	CONTENIDO	Pág.
1	Análisis químico y físico del suelo de la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009	6
2	Características agronómicas de la variedad Crimson Giant	6
3	Características químicas de los abonos orgánicos (Lombrihumus Compost, y Bocashi), utilizados en el estudio, realizados en la unidad experimental finca Las Mercedes 2009	9
4	Análisis de agua de la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009	11
5	Promedio de hojas por planta en las diferentes etapas fonológicas del cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus</i> , L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.	17
6.	Diámetro del tallo (mm) del cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus</i> , L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.	18
7.	Altura de la planta (cm) del cultivo de rábano (<i>Raphanus sativus</i> L.) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009	18
8	Efecto de diferentes tratamientos de fertilizantes orgánicos y sintético sobre algunos componentes de rendimiento de la raíz de rábano (<i>Raphanus sativus</i> , L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.	20
9	Resultados del análisis de presupuesto parcial realizado a los tratamientos evaluados en el cultivo del rábano (<i>Raphanus sativus</i> , L.)	21
10	Análisis de dominancia para cada uno de los tratamientos evaluados en el cultivo del rábano (<i>Raphanus sativus</i> , L.)	21

11. Régimen de riego en Proyecto para el cultivo de rábano	24
12. Régimen de riego de explotación para el cultivo de rábano	25
13 Coeficientes de rendimiento Ky calculados, en el cultivo de rábano	28

INDICE DE FIGURAS

N° FIGURA	CONTENIDO	Pág.
1	Estados del tiempo de la unidad experimental finca Las Mercedes, durante el ciclo del cultivo.	5
2	Etapas de desarrollo del cultivo de rábano	27
3	Coeficiente de rendimiento para el cultivo de rábano en los diferentes tratamientos de abonos orgánicos y sintético	29

INDICE DE ANEXOS

N° ANEXO	CONTENIDO	Pág.
1	Diseño experimental	37
2	Cantidad de agua recogida en los pluviómetros	38
3	Trazados de isolinias de igual precipitación (mm)	39
4	Cálculo de uniformidad de la lluvia por la fórmula de Christiansen	40
5	Resultados de la Aforación de los aspersores	40
6	Cálculos de los tiempos de puesta del riego	40
7	Esquema de la evaluación pluviométrica	41
8	Porcentajes de humedad, cálculos de reservas iniciales y finales en el régimen de explotación del ciclo del cultivo.	42
9	Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento de lombrihumus	43

10 Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento compost.	43
11 Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento bocashi	44
12 Cálculo de la evaporación y coeficiente del cultivo para el tratamiento sintético	44
13 Cálculo del régimen de riego en proyecto	44
14 Cálculo de la Evapotranspiración potencial por el método de Doorenbos.	46
15 Cálculo de régimen de riego para el cultivo de rábano (con lombrihumus)	49
16 Cálculo de régimen de riego para el cultivo de rábano (con compost)	50
17 Cálculo de régimen de riego para el cultivo de rábano (con bocashi)	51
18 Cálculo de régimen de riego para el cultivo de rábano (con sintético)	52
19 Cálculos del Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky” para cada tratamiento	53

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se estableció entre los meses de Abril-Mayo del 2009, bajo sistema de riego por aspersión en la unidad experimental finca Las Mercedes, ubicada en Managua Km. 11 carretera norte, 800 m. entrada al carnic en las coordenadas $12^{\circ}10'14''$ a $12^{\circ}08'05''$ de latitud Norte y $86^{\circ}10'22''$ a $86^{\circ}09'44''$ longitud Oeste, a una altura de 56 msnm. Con el objetivo de evaluar la productividad del rábano en condiciones de manejo orgánico 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: lombrihumus a razón de 30000 kg/ha, compost 190000 kg/ha y bocashi a razón de 50000 kg/ha y un tratamiento químico (testigo): fertilizante completo (NPK) formula 12-30-10, a razón de 1290 kg ha⁻¹, todos estos abonos orgánicos se les practicó un análisis químico para conocer la cantidad de nutrientes. El tamaño de la parcela experimental fue de 49 m² (7×7 m) y el tamaño de cada parcela útil fue de 0.37 m². Las variables cuantitativas evaluadas fueron; diámetro del tallo, números de hojas, altura de la planta, diámetro de la raíz, peso de la raíz y rendimiento. Las variables de riego fueron; coeficiente del cultivo y coeficiente de rendimiento para cada tratamiento. A los datos obtenidos se les sometió a un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias mediante el uso de la prueba de Tukey al 5% utilizando Software estadístico Minitab versión 2000. Los resultados muestran que no hubo diferencia significativa para las variables de crecimiento tomadas en momentos diferentes. En cuanto a las variables de rendimiento la única que mostro significancia fue la variable peso de la raíz, logrando el bocashi el mayor resultado con (22.3 g). En cuanto a rendimiento del cultivo los tratamientos no muestran significancia. Con respecto a las variables de riego, tomando en cuenta las etapas fenológicas del cultivo se le aplico mayor volumen de agua en la fase de mediación y última estación que es donde el cultivo requiere mayor cantidad de agua, para todos los tratamientos se obtuvo un coeficiente de cultivo uniforme. En el caso de la reducción del coeficiente de rendimiento de rábano en los tratamientos orgánicos no se debe a un estrés hídrico o limitación de agua durante que son los periodos más sensibles a la sequía, más 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.

SUMMARY

This research work was established between the months of April-May 2009 under sprinkler irrigation system in the experimental unit Finca Las Mercedes in Managua Km 11 north road, 800 m. entrance to the meat in the 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 evaluate the productivity of radish in organic management conditions and obtaining the crop coefficients "Kc" and output "Ky". Established a randomized complete block with four treatments and four replications. Organic treatments evaluated are: lombrihumus at a rate of 30000 kg ha⁻¹, compost 190000 kg ha⁻¹ and bocashi at a rate of 50000 kg ha⁻¹ and a chemical treatment (control) complete fertilizer (NPK) 12-30-10 formula to ratio of 1290 kg ha⁻¹, all of these The experimental plot size was 49 m² (7 × 7 m) and the size of each experimental plot was 0.37 m⁻¹. Quantitative variables were evaluated, stem diameter, leaf numbers, plant height, root diameter, root weight and performance. Irrigation variables were: crop coefficient and coefficient of performance for each treatment. The data obtained were subjected to analysis of variance (ANOVA) and mean separation using Tukey test at 5% using Minitab Statistical Software, version 2000. organic fertilizers we performed a chemical analysis to determine the amount of nutrients. The results show no significant difference for the growth variables taken at different times. In terms of performance variables that showed the only significant variable was the root weight, achieving the best result with bocashi (22.3 g). In terms of crop yield treatments show no significance. With regard to irrigation variables, taking into account the phenological stages was given the greater volume of water in the mediation phase and final station is where the crop requires more water for all treatments was obtained a coefficient uniform crop. In the case of the reduction rate of yield of radish in organic treatments is not due to water stress or water limitation during the periods that are more sensitive to drought, rather corresponds to the fertility factor since compost not directed to release large amounts of nutrients for growing once.

I. INTRODUCCION

El Rábano (*Raphanus Sativus L.*) es un cultivo de origen Asiático, sin embargo ya se cultivaba desde la antigüedad tanto en Grecia como en Egipto.

El rábano es un alimento con un bajo aporte calórico gracias a su alto contenido en agua, además de contener grandes cantidades de minerales dentro de los que se destacan, el potasio y el yodo que aparecen en cantidad superior a la de la mayoría de hortalizas, el calcio, el fosforo, el potasio y el magnesio que también esta presente pero en menor proporción.

El rábano es una hortaliza consumida en Nicaragua, ya que, la población la buscan por su belleza, color y sabor, además es una fuente de yodo y este es uno de los minerales indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroides. Esta glándula regula el metabolismo e interviene en los procesos de crecimiento. En Nicaragua existen grandes cantidades de mujeres enfermas con tiroidismo, es por esto que el rábano es incluido dentro de su dieta alimenticia, para prevenir esta enfermedad.

El potasio es otro de los minerales que se encuentra en el rábano, este contribuye con la transmisión y generación del impulso nervioso, para la actividad muscular normal, e interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

En la fertilización de este cultivo es preferible la utilización de una alternativa viable como lo es la agricultura orgánica como medio de producción, ya que, a la vez que le proporciona al cultivo los nutrientes necesarios para su desarrollo, ayudan a disminuir la contaminación del medio ambiente.

Los abonos orgánicos se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para facilitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Castellanos, 1982). Una de las principales razones por las cuales se debe de impulsar la agricultura con elementos orgánicos, es por que los sintéticos envenenan el entorno ambiental, deterioran la capa arable de los suelos y hacen insostenible la economía.

Estos pueden llegar a tener importancia en el incremento de los rendimientos de los cultivos y para demostrarlos se hace necesario llevar acabo investigaciones con diferentes productos orgánicos bajo distintos niveles de aplicación para valorar su incidencia en cuanto al comportamiento de las producciones y disminuir las aplicaciones de fertilizantes minerales (Morales, 1996).

El humus es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodoro, es el resultado de la materia orgánica y otros componentes comidos y defecados por las lombrices. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco (RAMACAFE, 2004)

Según Perdomo (2000), el humus de lombriz contiene un alto porcentaje de ácidos húmicos y fulvicos, alta carga microbiana (40 millones por gramo seco), mejora la estructura del suelo, haciéndolo mas permeable al agua y al aire, es un fertilizante bioorgánico activo, su pH es ligeramente ácido (6.8 – 7.5) y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas. Además acelera el crecimiento de la raíz y los procesos de brotación, floración y maduración del cultivo, también aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades.

El compost es una mezcla de materia orgánica de distinto origen, microorganismos y elementos minerales propios del suelo. Es producto de un proceso de producción biológica, el que se logra a través de estados secuenciales, que convierte materia orgánica heterogénea y sólida en partículas finas y homogéneas de humus. Dentro de su composición se pueden encontrar bacterias y hongos que aceleran el desarrollo radical y los procesos fisiológicos de brotación, floración y agrega material orgánico al suelo, aumenta la permeabilidad y retención de agua de los suelos. Contiene hormonas, sustancias reguladoras del crecimiento y promotoras de las funciones vitales de las plantas y se pueden utilizar altas dosis sin contraindicaciones, ya que no daña las plantas.

El bocashi es un abono orgánico que se logra siguiendo un proceso de fermentación acelerada, con la ayuda de microorganismos benéficos. Este mejora el drenaje en los suelos, sus características físicas, ayudan a retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes a las plantas, disminuyendo la perdida y lavado de estos en el suelo (Restrepo, 2001).

Al aplicar una buena fertilización se puede llegar a obtener una alta calidad en el producto y de esta manera incrementar el contenido de nutrientes como el calcio, fósforo y vitamina C.

La falta de agua en el cultivo de rábano ocasiona que la raíz se vuelva mas dura y si esta es acompañada a altas temperaturas se estimula la floración anticipada; por el contrario el exceso de humedad provoca que las raíces se agrieten perdiendo su calidad comercial es por esto que se utiliza frecuentemente el riego por aspersión (ZONA DE CULTIVO, 2007)

Según Dueñas (1981), se debe de realizar un régimen de riego para los cultivos agrícolas, estableciendo de esta manera los volúmenes de agua que se aplicará en cada riego y los intervalos que existen entre aplicaciones sucesivas, esto con la finalidad de establecer el rango de las

oscilaciones y el suministro de agua, para alcanzar de esta manera un rendimiento dado.

El propósito de esta investigación era evaluar el efecto de tratamientos orgánicos (lombrihumus, compost y bocashi) en la producción del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.), con la variedad Crimson Giant, bajo sistema de riego por aspersión y de esta manera obtener los coeficientes de cultivo “Kc” y de rendimiento “Ky”. El rábano es una especie idónea para este tipo de evaluación por ser una planta de ciclo muy corto y además de presentar un contacto directo entre el sustrato y la parte comestible. Son muchos los trabajos en el que se utiliza fertilizantes orgánicos para elevar las producciones de los cultivos y en todos ellos se reconoce las enormes ventajas de la materia orgánica para mejorar las propiedades del suelo y la aportación de nutrientes, es por esto que esta investigación describe una metodología sencilla para reconocer la eficacia que tienen estos abonos orgánicos y de esta manera evitar la continua contaminación de nuestro suelo.

II. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el efecto de tratamientos orgánicos en la productividad del cultivo de rábano (*Raphanus sativus. L*) bajo sistema de riego por aspersión en la unidad experimental finca Las Mercedes.

Objetivos Específicos:

Evaluar el desarrollo del cultivo de Rábano bajo tres tipos de fertilizantes orgánicos (Lombrihumus, Compost y Bocashi.) y un sintético (12-30-10) como testigo.

Establecer un régimen de riego, para garantizar el desarrollo adecuado de las plantas

Analizar el comportamiento que presentará el coeficiente de cultivo “KC” en los distintos tratamientos a evaluar.

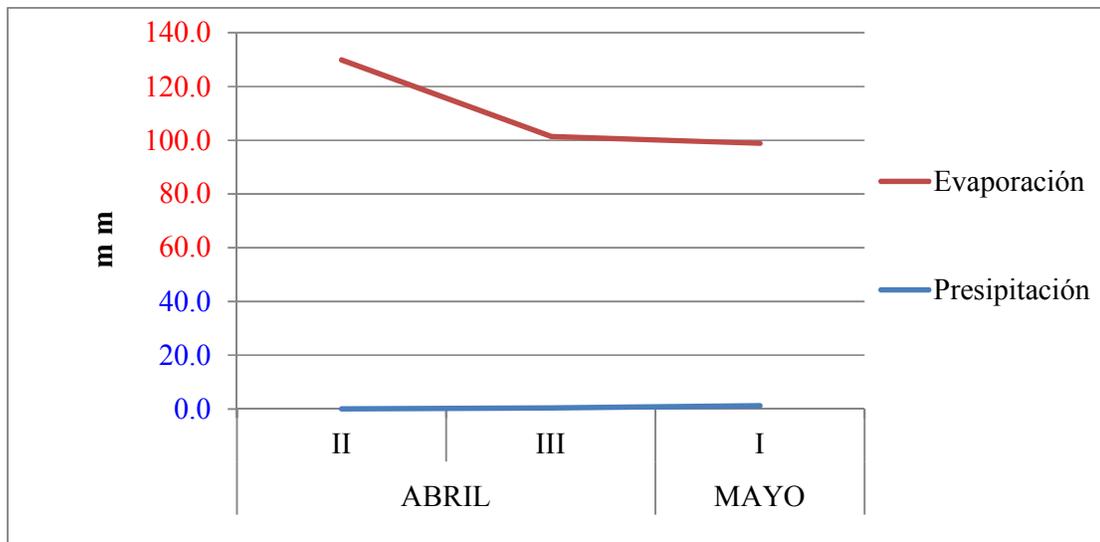
Analizar el comportamiento que presentará en el rendimiento “KY” en los diferentes tratamientos orgánicos y testigo.

Valorar la rentabilidad económica del cultivo de rábano con diferentes dosis de fertilizantes en condiciones de la unidad experimental finca Las Mercedes

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

El estudio se llevo a cabo de Abril a Mayo del 2009 (época de verano), en la unidad experimental finca Las Mercedes propiedad de la Universidad Nacional Agraria unidad productiva, ubicada en la ciudad de Managua Km. 11 carretera norte, entrada al Carnic 800m al lago. Con coordenadas geográficas; 12° 08' 05'' de latitud norte y 86° 10' 22'' a 86° 09' 44'' longitud oeste a 56 msnm. Tiene una temperatura promedio de 32.7 °C, una precipitación de 1400 – 1200 – 1450mm anuales y una humedad relativa de 72% y una velocidad máxima del viento de 25.2 km/h. El comportamiento del clima correspondiente al período del ensayo se presenta en la figura 1



Fuente: INETER (2009).

Figura 1. Estados del tiempo de la unidad experimental finca Las Mercedes, durante el ciclo del cultivo.

El suelo está catalogado como franco arcilloso derivados de cenizas volcánicas y pertenece a la serie Las Mercedes, siendo clasificado como calcic Haplustands según, de orden Inceptisol. Estos suelos muestran una complejidad y heterogeneidad, además de ser suelos jóvenes poco desarrollados que presentan capas endurecidas, que conduce a lo que se traduce como perfiles con diferentes secuencias texturales. Son suelos afectados por problemas de calcificación y debido a que el suelo

es heterogéneo; algunos presentan alcalinidad, otras sub unidades de suelo tienen un 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 este. (Villanueva, 1990).

Estos suelos contienen un alto contenido de potasio, que a su vez este se convierte en un factor limitante en el suelo mediante antagonismo bloqueando la absorción de magnesio (Villanueva 1990). En el terreno del ensayo se encontró una relación de Ca, + Mg/K baja por lo tanto no existe un exceso de calcio o de magnesio que puedan perjudicar la absorción de potasio, estos datos se presentan en la tabla 1

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	m
	6.96	1.3	0.06	14.8	3.97	26.01	7.63	44.58	1.02	0.20
Rango	M	M	M	A	A	A	A			

Fuente: Laboratorio de suelos y agua UNA (2009)

A: Alto M: Medio B: Bajo

3.2 Descripción de la variedad

El experimento se estableció utilizando el cultivo de rábano variedad Crimson Giant, resistente a las plagas y enfermedades, esta variedad se adapta muy bien a condiciones con altas temperaturas, sus características son reflejadas en la tabla 2.

El rabanito es una planta sensible a diferentes contaminantes atmosféricos, donde los efectos mas estudiados son aquellos causados por el ozono, es de rápida germinación y pronto desarrollo de sus hojas.

Tabla 2. Características agronómicas de la variedad Crimson Giant

Tipo de variedad	
Temperatura optima	25 – 35°c
Color de raíz	Rojo escarlata
Forma del fruto	Redondo
Cosecha	30
Reacción a las plagas	Tolerante
Épocas de siembra	Todo el tiempo
Rendimiento	12 – 15 ton/ha

Fuente: CISA-AGRO

3.3 Diseño experimental

Se utilizó un arreglo unifactorial en diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La dimensión total del ensayo es de 49m^2 ($7\text{m} \times 7\text{m}$), el área de cada unidad es de 1m^2 , 0.37m^2 para la parcela útil y 7m^2 para cada bloque. La distancia entre los bloques fue de 1m y entre cada parcela 1m (anexo 1).

3.4 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron aplicaciones de una sola dosis de abonos orgánicos. Los abonos orgánicos fueron; Lombrihumus, Compost y Bocashi, siendo las dosis utilizadas 30000 kg. ha^{-1} , $190000\text{ kg. ha}^{-1}$ y 50000 kg. ha^{-1} y el otro tratamiento consistió en un testigo (12-30-10 con aplicación de 1290 kg ha^{-1}).

3.5 Manejo agronómico

Las labores aplicadas fueron de igual manera para todas las unidades experimentales de tal forma que la única diferencia entre parcelas fueron los diferentes tratamientos evaluados.

3.5.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo se llevó a cabo de forma manual, esta consistió en la rotura del suelo con profundidad de 20 cm. , demoliendo los terrones hasta dejarlo completamente mullido, donde posteriormente se estaquillaron las parcelas.

Estas actividades se llevaron a cabo en las fechas comprendidas del 11 al 12 de abril del 2009.

3.5.2 Siembra

El surcado y siembra se efectuó el 14 de abril del 2009 (época de verano), utilizando un rayador artesanal con una distancia de 0.16 m entre surcos. Esta labor se realizó de forma manual y a chorrillo ralo.

Se utilizó semilla mejorada de la variedad Crimson Giant, con las características mostradas en la tabla 2.

3.5.3 Control de plagas

Se realizó un manejo fitosanitario durante el periodo crítico del cultivo, controlando pulgones (*Myzus persicae*) con una aplicación de 40 ml de Neem en 10 lts de agua.

3.5.4 Control de maleza

El control de maleza se realizó únicamente en los puntos muertos, no dentro de las parcelas.

3.5.6 Raleo

El raleo se efectuó a los 15 días después de la siembra dejando un distanciamiento entre planta de 0.11m para una densidad poblacional teórica de 540,000 plantas/ha.

3.5.7 Aporque

Esta actividad se llevó a cabo en dos momentos del ciclo vegetativo del cultivo, el primer control se realizó a los 10 días y el segundo a los 20 días después de la siembra.

3.5.8 Cosecha

La cosecha se efectuó de forma manual a los 30 días después de la siembra al completar el ciclo del cultivo, se cosecharon los cuatro surcos de la parcela útil (0.37m²). Esta actividad se realizó el 14 de mayo del 2009.

3.6 Aplicación de fertilizantes

La fertilización consistió en la incorporación de los abonos orgánicos (compost, lombrihumus y bocashi) en las respectivas parcelas experimentales al momento de la siembra a razón de 190000 kg. ha⁻¹, 30000 kg. ha⁻¹ y 50000 kg. ha⁻¹, estas dosis utilizadas fueron determinadas de acuerdo a las necesidades del cultivo, tomando en cuenta los elementos nutricionales contenidos en el suelo y en los abonos orgánicos.

Se realizó una sola aplicación de fertilizante, debido a que el cultivo era de corto plazo.

La aplicación de fertilizantes completo (NPK), fórmula 12-30-10, se aplicó al mismo tiempo que los abonos orgánicos con una dosis única de 1290 kg. ha⁻¹.

Los abonos fueron elaborados en la Universidad Nacional Agraria, a los que se le efectuó un análisis químico y el resultado se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Características químicas de los abonos orgánicos (Lombrihumus, Compost, Bocashi) utilizados en el estudio, realizados en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009

Fertilizante	Características químicas								
	Nt	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	%			ppm					
Lombrihumus	2.03	1.09	1.06	0.54	0.64	2160	50	400	182
Compost	0.56	0.17	0.66	0.19	0.28	7035	190	1125	40
Bocashi	0.95	0.7	1.14	0.39	0.37	3895	135	745	250

Fuente: LABSA UNA (2009)

3.7 Variables agronómicas evaluadas

Las variables medidas se pueden clasificar en cuantitativas y se realizaron en dos etapas del cultivo se seleccionaron 20 plantas al azar por cada parcela útil, para evaluar las siguientes variables.

3.7.1 Altura de planta (cm.)

Para evaluar esta variable, se midió desde la superficie del suelo hasta la inserción de la última hoja, mediante el uso de una cinta métrica. Esta se evaluó desde los 15 hasta los 26 días después de la siembra.

3.7.2 Promedio de hojas por planta

El conteo del número de hojas por planta se efectuó en varios momentos durante las etapas fenológicas del cultivo. Se contaron todas las hojas formadas completamente, estas se evaluaron al mismo tiempo que la altura de planta.

3.7.3 Diámetro del tallo (mm)

Esta variable se evaluó desde los 15 hasta los 26 días después de la siembra, registrando este dato a 10cm de la base del suelo, haciendo uso de un vernier.

3.7.4 Diámetro de la raíz (mm)

Una vez realizada la cosecha se prosiguió a determinar el diámetro de la raíz (rábano), llevándose a cabo al azar dentro de la parcela útil de cada tratamiento, esta variable fue medida usando un vernier.

3.7.5 Peso de la raíz (gr.)

Este dato se obtuvo, quitando el área foliar de la raíz para luego ser pesada mediante una balanza digital. Pesando 20 plantas por parcela útil.

3.7.6 Rendimiento (Kg. ha⁻¹)

Una vez determinado se procedió a realizar la relación por área y se expresó en kilogramo por hectárea.

3.8 Análisis estadístico

Cada una de las variables estudiadas se sometió a un análisis de varianza y separación de media utilizando la prueba de separación de media de Tukey. El análisis del arreglo se efectuó utilizando Minitab versión 2000 (software Estadístico)

3.8.1 Modelo aditivo lineal

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

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 procederá a comparar las medias de las variables obtenidas en los distintos tratamientos, basándose en la prueba de separación de media de Tukey.

3.9 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, 4304FT con capacidad de 1.89 lt.s⁻¹, las labores realizadas fueron aplicadas de igual manera a todas las parcelas experimentales de tal forma que la única diferencia fueron los diferentes tratamientos evaluados. Antes de efectuar el riego en el cultivo se le practico un análisis de agua al pozo el cual dio como resultado **C3-S1** descrito en la tabla 4, el análisis muestra, que el agua es baja en sodio (S1), es decir que puede ser usada para irrigación. Pero contiene alto contenido de salinidad (C3).

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

Aniones						Cationes					RAS	Clasificación Según USDA
CE	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Suma	Ca	Mg	Na	K	Suma		
μS/cm	Meq/lit					Meq/lit						
867	2.64	4.24	1.24	0.84	8.96	1.79	0.98	0.65	0.24	3.66	0.55	C3-S1

Fuente: Laboratorio de suelo y agua UNA.

3.9.1 Aforación de aspersores

La aforación de aspersores se efectuó antes de la siembra, mediante un método artesanal donde, se utilizaron: balde, manguera, cronometro, probeta y manómetro.

Los datos del aspersor utilizados en el ensayo son: es un modelo 03-BAN14, marca BANET doble boquilla (2.25 mm x 1.5 mm) con una presión de 31.28 PSI, gasto del aspersor de 0.155 lt.s⁻¹, diámetro 18 m (anexo 3)

3.9.2 Coeficiente de uniformidad y pluviometría o cantidad de agua recogida

Este parámetro se realizó mediante el uso de tarritos y probeta, con el interés de conocer el comportamiento de la lluvia aportada a lo largo del lateral, colocando los tarritos a una distancia de 1m x 1.5m, formando 3 hileras de tarros. Luego de 1 hora se recogió el agua que suministraron los aspersores, para ser medido el volumen de agua (I_i) de cada tarrito con una probeta, llegándose a obtener de esta manera el coeficiente de uniformidad del lateral de riego, utilizando la fórmula de Christiansen. La lectura de estos volúmenes de agua en mm y el esquema de la valoración de los aspersores están plasmados en (anexo 2, 3 y 7)

$$Cu = 100 \left(\frac{1 - \frac{\sum |I_i - I_m|}{n I_m}}{n} \right)$$

Donde:

Cu: Coeficiente de uniformidad expresado en %

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

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

n: Cantidad de observaciones

3.9.3 Porcentajes de humedad

Los porcentajes de humedad se realizaron a través del método gravimétrico, tomando muestras de suelo húmedo cada 10 días, las cuales fueron pesadas en una balanza digital y posteriormente se colocaron en un horno solar durante 3 días. Después de haber estado estos días en el horno se volvieron a pesar las muestras, y de esta manera se encontró el porcentaje (anexo 6) de humedad haciendo uso de la siguiente fórmula:

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

Donde:

%Hp: Porcentaje de humedad.

Psht: Peso del suelo húmedo del tarrito.

Psst: Peso del suelo seco del tarrito.

Pss: Peso del suelo seco.

3.9.4 Densidad aparente

Se realizó antes de la preparación del terreno de forma triangular en el área, se determinó una profundidad de 30cm colocando un cilindro cada 10cm, luego las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelo para ser pesados los cilindros con suelo húmedo, seguidamente se introdujeron en el horno a una temperatura de 105°C por 24 horas. Y finalmente se volvió a pesar el suelo para encontrar la densidad aparente (anexo 6) haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{ODW}{CV}$$

Donde

ODW: Peso del suelo seco con el cilindro

CW: Peso del cilindro vacío

CV: Volumen del cilindro

3.9.5 Reservas de agua iniciales y finales

Luego de ser obtenido el porcentaje de humedad se prosiguió a calcular las reservas de aguas iniciales y finales, calculándose (anexo 6) con 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: Reserva inicial

Wf: Reserva final

ΔH : Variación capa activa

Da: Densidad aparente
Hpi: Humedad presente al inicio de la decena
Hpf: Humedad presente al final de la decena

3.9.6 Evapotranspiración real

La evapotranspiración real era calculada cada 10 días, esto se realizaba para cada (anexo11) tratamiento por medio de la formula de las reservas, donde primeramente se obtuvieron los datos W_i , W_f , los datos de precipitación y evaporación de la zona del ensayo. Estos dos últimos datos fueron facilitados por INETER (2009)

Fórmula de la reserva:

$W_f = W_i + Pa + Nr(Mp) - Evtp$, despejando $Evtp$ se obtiene

$$Evtp = W_i + Pa + Nr(Mp) - W_f$$

Donde:

Pa: Precipitación aprovechable (m^3/ha)

Nr: Números de riego

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

Evtp: Evapotranspiración

3.9.7 Evapotranspiración potencial

El cálculo se realizo para la última decena del cultivo, por el método Doorenbos (anexo12) haciendo uso de las siguientes fórmulas

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

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

Donde:

(a+b): Coeficientes empíricos resueltos gráficamente

Ra: Radiación extraterrestre que recibe la parte superior de la atmosfera, expresada en equivalente de evaporación: $mm \times dia^{-1}$

N: Duración máxima diaria de insolación

n: Insolación media

Rs: Radiación solar

W Rs: Termino de radiación

ETP: Evapotranspiración potencial

3.10 Variables de riego

Una vez que se realizó la cosecha se procedió a calcular las variables de riego haciendo uso de las fórmulas de Doorenbos.

3.10.1 Coeficiente del cultivo “Kc”

Se realizó el cálculo para cada tratamiento (anexo 7-10) utilizando la fórmula

$$Kc = \frac{E_{vtp}}{E_{vp}}$$

3.10.2 Coeficiente de rendimiento del cultivo “Ky”

Este dato se efectuó al final de la cosecha (anexo 17) por medio de la siguiente fórmula: (Stewart, 1973)

$$\left(1 - \frac{y_r}{y_m}\right) = Ky \left(1 - \frac{E_{VTPr}}{E_{VTPm}}\right) \quad \text{Despejando “Ky” obtenemos:}$$

$$Ky = \frac{\left(1 - \frac{y_r}{y_m}\right)}{\left(1 - \frac{E_{VTPr}}{E_{VTPm}}\right)}$$

Donde:

Yr: Rendimiento real de la cosecha

Ym: Rendimiento máximo

E_{VTPm}: Evapotranspiración potencial

E_{VTPr}: Evapotranspiración real

3.11 Análisis Económicos

Con el fin de 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.

El rendimiento ajustado fue multiplicado por el precio del producto C\$12 Kg de rábano. 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 totales de menor a mayor, de los costos que varían. Se dice, entonces, que un tratamiento es dominado cuando tiene 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.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rábano es una planta que se adapta a cualquier tipo de temperatura, tanto a altas como a bajas temperatura. La temperatura óptima de germinación y desarrollo para esta variedad es de 25 – 35°C, es por esto que se puede decir que el cultivo se desarrollo en condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo.

La determinación de las necesidades de agua de los cultivos es el paso previo para establecer los volúmenes de agua que será necesario aportar con el riego.

La cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor que la que retienen (agua que se utiliza para su crecimiento y fotosíntesis). La transpiración puede considerarse, por tanto, como el consumo de agua de la planta. Además se debe considerar que hay pérdidas de agua por evaporación desde la superficie del suelo. Es por ello que el rábano requiere para su crecimiento y desarrollo optimo entre 200 – 245 mm de agua (Vallecillo, 2004). Debido a la falta de precipitación que se presento en la zona (1.5 mm durante el periodo del cultivo), se tubo que corregir la falta de humedad en el suelo, suministrando 242 mm de agua bajo riego por aspersion y de esta manera se logro suplir las necesidades hídricas de la planta.

A continuación se realiza el ANDEVA, a las siguientes variables del cultivo.

4.1 Promedio de hoja por planta

Cada hoja es un órgano de nutrición especializado, cuyo papel es la fotosíntesis, proceso que requiere un suministro continuo de agua, energía radiante y bióxido de carbono (Ville, 1997, citado por Sequeira y Valle, 2004).

La variación que tienen las hojas en cuanto al tamaño y el color están relacionadas a la variedad, la posición de la hoja en el tallo, la edad y las condiciones ambientales como la luz y la humedad (Somarriba, 1998).

El ANDEVA realizado a la variable promedio de hoja por planta en dos momentos, demuestra en un 95% de confianza que los tratamientos evaluados a los 15 y 26 después de la siembra, determina que no existieron diferencias significativas, por lo tanto la separación de media por Tukey ubica a los tratamientos en una sola categoría estadística. (Tabla 5)

Tabla 5. Promedio de hojas por planta en las diferentes etapas fonológicas del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*, L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Tratamiento	Días después de la siembra	
	15 dds	26 dds
Lombrihumus	6.03 a	6.03 a
Compost	6.01 a	6.26 a
Bocashi	5.93 a	6.14 a
Químico	5.84 a	6.85 a
C .V	10.36	6.53
P>F	0.97	0.08
Tukey	NS	NS

4.2 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 grosor del tallo depende de la variedad, las condiciones ambientales y nutricionales del suelo, además hay que tener en cuenta que el diámetro del tallo tiende a disminuir cuando se aumenta la densidad de siembra, debido a la competencia que existe entre planta por nutrientes de suelo (Torres, 1993). 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).

Al realizar el análisis de varianza a la variable diámetro del tallo, esta demostró en un 95% de confianza que no se encontró diferencias significativas en ninguna de las dos observaciones (15 y 26 días después de la siembra), por lo tanto la separación de media por Tukey ubica los tratamientos en una solo grupo estadístico. (Tabla 6)

Tabla 6 Diámetro del tallo (mm) del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*, L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Tratamiento	Días después de la siembra	
	15 dds	26 dds
Lombrihumus	5.56 a	7.54 a
Compost	5.41 a	7.41 a
Bocashi	5.61 a	7.63 a
Químico	4.38 a	7.97 a
C .V	25.24	17.81
P>F	0.54	0.94
Tukey	NS	NS

4.3 Altura de la planta

La variable altura de la planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta. La altura de la planta depende de la acumulación de nutrientes en el tallo que se producen durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la raíz de la planta, esta función puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales, los cuales son: luz, calor, humedad y nutrientes (Somarriba, 1998). Además de que esta variable se puede ver influenciada por el tipo de suelo y el manejo agronómico del cultivo.

Según el ANDEVA realizado para esta variable no se obtuvo significancia en ninguna de las dos tomas de datos (a los 15 y 26 días después de la siembra), ubicándose estadísticamente en una sola categoría. (Tabla 7)

Tabla 7. Altura de la planta (cm.) del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*, L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Tratamiento	Días después de la siembra	
	15 dds	26 dds
Lombrihumus	16.40 a	26.30 a
Compost	15.20 a	24.50 a
Bocashi	16.60 a	28.00 a
Químico	14.20 a	20.50 a
C.V	13.30	19.58
P>F	0.39	0.23
Tukey	NS	NS

4.4 Diámetro de raíz

El tamaño del rábano 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 (Laguna y Contreras, 2000).

Cuando se practico el análisis estadístico para la variable, diámetro de la raíz, no se encontró diferencias significativas (Tabla 8), esto quiere decir que estadísticamente todos los fertilizante son idénticos, por esta razón la técnica de separación de media utilizando a Tukey permite conformar una sola categoría estadística.

4.5 Peso de raíz

El peso de el rábano es otro componente importante para su comercialización, puesto que los horticultores muestran mayor interés en la obtención de buenas cosechas, lo cual al igual que el tamaño del producto deseado, es mostrado también por el peso de sus cosechas (Laguna y Contreras, 2000).

De acuerdo al ANDEVA realizado para la variable peso de la raíz, demuestra en un 95% de confianza que existe efecto significativo de tratamiento, por lo tanto la separación de media por Tukey ubica a los tratamientos en tres categorías estadísticas, resultando ser el fertilizante orgánico bocashi el de mayor valor en cuanto a esta variable con una media de 22.30 g, esto se debe a que este fertilizante orgánico, mejora el drenaje en los suelos, puesto que sus características físicas, ayudan a retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes a las plantas, disminuyendo la perdida y lavado de estos en el suelo (Restrepo, 2001). (Tabla 8)

4.6 Rendimiento

El Rendimiento determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos que existen en el medio, unido al potencial genético que estas tengan (Tapia y Camacho, 1988)

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 (Durost, 1970, citado por Jugenheimer, 1981.).

La productividad óptima del cultivo depende de las necesidades de trabajar en condiciones ecológicas adecuadas para el crecimiento de las especies, disponer de semillas de alto potencial de rendimiento, preparar bien el suelo, establecer y mantener la densidad poblacional óptima, disponer de la humedad adecuada en el suelo, proveer a las plantas los nutrientes que necesitan y protegerlas contra los daños que ocasionan las malezas, insectos u otras plagas que hacen disminuir el rendimiento (Gordon y Gaitan, 1993).

En el análisis de varianza realizado para la variable de rendimiento no se encontró diferencias significativas, es por esto que la separación de media por Tukey ubica estadísticamente a los tratamientos en una sola categoría. (Tabla 8)

Tabla 8. Efecto de diferentes tratamientos de fertilizantes orgánicos y sintético sobre algunos componentes de rendimiento de la raíz de rábano (*Raphanus sativus*, L) en la unidad experimental finca Las Mercedes, 2009.

Días después de la siembra			
Tratamiento	DTR (mm)	PSR (g)	REN kg ha ⁻¹
Lombrihumus	25.90 a	14.40 bc	9854 a
Compost	25.00 a	13.00 bc	9461 a
Bocashi	28.80 a	22.30 a	9623 a
Químico	26.10 a	17.20 b	7158 a
C .V	12.92	17.80	17.70
P>F	0.495	0.008	0.129
Tukey	NS	*	NS

4.7 Análisis Económicos

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.

4.7.1 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\$60,650 para la aplicación de lombrihumus; C\$84,850 para el compost; C\$71,250 en el bocashi y C\$22,866 para la aplicación de fertilizante sintético.

Así mismo, se puede observar que la dosis de 12-30-10 presenta mayor beneficio neto (C\$54,440), es con el cual el productor tiene un buen margen de ganancia a como se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados del análisis de presupuesto parcial realizado a los tratamientos evaluados en el cultivo del rábano (*Raphanus sativus*, L.)

Indicadores	Lombrihumus	Compost	Bocashi	12-30-10
Rendimiento (kg/ha ⁻¹)	9854	9461	9623	7158
10% de ajuste	985,4	946,1	962,3	715,8
Rendimiento ajustado	8868,6	8514,9	8660,7	6442,2
Beneficio bruto (C\$)	106423	102179	103928	77306
Costo del fertilizante (C\$)	59400	83600	70000	19866
Costo de aplicación (C\$)	1,250	1,250	1,250	3000
Costos variables totales (C\$)	60,650	84,850	71,250	22,866
Beneficio neto (C\$)	45,773	17,329	32,678	54,440

4.7.2 Análisis de dominancia

Luego de haber realizado el análisis de presupuesto parcial, se procede a determinar cuáles de los tratamientos han sido dominados y cuáles 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 10) practicado a los diferentes tratamientos muestra que existe un tratamiento no dominado (ND), el fertilizante sintético. El resto de los tratamientos se muestra como dominados (D), debido a sus bajos beneficios netos y mayores costos variables

Tabla 10. Análisis de dominancia para cada uno de los tratamientos evaluados en el cultivo del rábano (*Raphanus sativus*, L.)

Tratamientos	Costos variables C\$	Beneficio neto C\$	Dominancia
12-30-10	22,866	54,440	ND
Lombrihumus	60,650	45,773	D
Bocashi	71,250	32,678	D
Compost	84,850	17,329	D

4.8 Riego

El riego es un aporte artificial de agua al suelo con el propósito de cubrir los requerimientos hídricos de los cultivos a fin de obtener niveles de producción y calidad previsible. Este aporte debe hacerse con un criterio de conservación de los recursos agua y suelo, para lo cual resulta necesario un profundo conocimiento de los mismos, tanto de los cultivos que lo demandan como de las relaciones que se establecen entre ellos, el

riego es un complemento en aquellas áreas donde la precipitación cubre una parte de las necesidades de agua de los cultivos.

En una agricultura eficiente, y con altos rendimientos, la buena utilización del recurso hídrico es fundamental para la producción de los cultivos. Por esta razón es imprescindible el conocimiento acabado de las fuentes, calidad y disponibilidad del agua, y sobre todo, su efecto en el crecimiento y productividad del cultivo.

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).

4.8.1 Régimen de riego

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. Entonces tiene la finalidad de establecer el rango de las oscilaciones y el suministro de agua, para alcanzar un rendimiento dado (Dueñas, 1981).

Por otra parte, el manejo de agua de riego condiciona la fracción del agua aplicada que es realmente aprovechada por el cultivo (Losada, 1997). La distribución del agua aplicada por el riego puede quedar descrita mediante una función de distribución estadística y un coeficiente de uniformidad de Christiansen, presentando un comportamiento de uniformidad de la lluvia aportada a lo largo del lateral obteniendo un 80%, clasificado como un coeficiente bueno (anexo 4).

El riego para el cultivo de rábano debe de ser abundante al comienzo del ciclo, y posteriormente, se limitará a mantener la humedad moderadamente y constante.

La falta de agua ocasiona que la raíz se vuelva mas dura, pero cuando hay oscilaciones extremas de humedad en el suelo las raíces se agrietan perdiendo su calidad comercial (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2008)

Como noción general, el régimen de riego no es más que un conjunto de elementos, tales como las normas totales y parciales de riego, y el intervalo de riego los cuales en combinación con las restantes labores agrícolas correspondientes aseguran un alto rendimiento de un determinado cultivo, (Dueñas, 1981).

La tabla 11 muestra los resultados del régimen de riego en proyecto, el cual presenta los volúmenes de agua, los ingresos de agua y sus egresos, datos que se realizaron por medio de cálculos, y de esta manera se utilizan estos valores como base para el establecimiento del régimen de riego del cultivo, la tabla 12 muestra el régimen establecido para el cultivo, presentando una mínima diferencia entre los datos obtenidos en proyecto y los logrados por el riego de explotación, en proyecto hay 18 riegos que aportan un 91% de la evapotranspiración, y en el régimen establecido, se realizaron 21 riegos que aportaron un 99% en relación con la evapotranspiración, tanto en el régimen de proyecto como en el de explotación se aprovecharon las precipitaciones, aunque estas fueron mínimas en el régimen que se estableció.

Tabla 11. Régimen de riego en proyecto para el cultivo de rábano

Cc: 37.57% Da: 1.02 g/cm³ ΔH: 15 cm

Mes	DEC	W máx	W min	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingresos	EGRESOS			Wf	W con	W pres
						Lluvias		Riegos			Kb	Ev	Evtp			
						Pc	Pa	FECHAS	Nr (Mp)							
		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
Abr	II	575	460	115	518	3	3	12,15,17, 20	4(115)	981	0.49	1054	474	507	68	47
	III	575	460	115	518	0	0	22,23,25, 27,29,31,1	6(115)	1208-	0.87	1160	696	512	63	52
May	I	575	460	115	518	134	134	3 – 10	8(115)	1572	0.90	1223	1101	471	104	11
Tot.						137	137	18	2070	3761			2271			

Resumen de tabla:

Norma total de riego: 2070 m³ ha⁻¹

Números de riego: 18

Evapotranspiración total del ciclo: 2271 m³ ha⁻¹

La Norma total de riego apporto el: 91% de la Evtp

Tabla 12. Régimen de riego de explotación para el cultivo de rábano

Mes	DE C	W máx .	W min .	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingres os	EGRESOS			Wf	W cons	W pre s
						Lluvias		Riegos			Kc	Ev	EVT			
						Pc	Pa	FECHAS	Nr (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	II	575	460	11 5	509	0	0	14,16,18 20,22,24	6 (115)	1199	0.49	1415	697	502	73	42
	III	575	460	11 5	502	11	11	25,26,27, 28,29,30, 1,2	8 (115)	1433	0.87	994	869	564	11	104
Mayo	I	575	460	11 5	564	4	4	5,6,7,9,11 13,14	7 (115)	1373	0.9	1000	904	469	106	9
Tot						15	15	21	2415	3993			2470			

Resumen de tabla:

Norma total de riego: 2415 m³ ha⁻¹

Números de riego: 21

Evapotranspiración total del ciclo: 2470 m³ ha⁻¹

La Norma total de riego aportó el: 99% de la Evt_p

4.8.2 Riego por aspersión

Consiste en la aplicación del agua al terreno en forma de finas gotas, por medio de aspersores, a una intensidad menor que la velocidad de infiltración del suelo. El agua es conducida por medio de tuberías hasta llegar a los aspersores, encargados de distribuir el agua en gotas finas. Se considera que el sistema de aspersión cubre el terreno en un 100% (Valverde, 2000).

Por lo tanto una de las características fundamentales de este sistema es que es preciso dotar al agua de presión a la entrada en la parcela de riego por medio de un sistema de bombeo. La disposición de los aspersores se realiza de forma que se moje toda la superficie del suelo, de la forma más homogénea posible.

El coeficiente de uniformidad indica la distribución del agua aplicada con el riego en el suelo. Si la uniformidad es baja existirá mayor riesgo de déficit de agua en algunas zonas y de filtración profunda en otras.

Para esta investigación la uniformidad de la lluvia del aspersor fue evaluado a través del método pluviométrico, haciendo uso de la formula de Christiansen, método que se realizo antes de haber establecido el cultivo, llegando a presentar un coeficiente de uniformidad de 74% clasificándose según Christiansen como un riego regular.

4.8.3 Coeficiente del cultivo

El “Kc” es un valor dependiente de las características, morfológicas y fisiológicas de la planta. El Kc varía según el periodo de crecimiento de la planta y del clima determinado.

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

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).

El valor de los coeficientes del cultivo se logro por medio de la formula antes mencionada ($K_C = \frac{E_{vtp}}{E_{vp}}$); dentro de estos valores no se presento ninguna variación. Estos datos representan el momento en que la planta requería de mayor cantidad de agua durante su crecimiento y desarrollo, para los distintos tratamientos establecidos y debido a que no existió

ninguna variación se realizó una sola grafica, en la que se establecen los cuatros tratamientos.

El Kc se reflejo de acuerdo a las características del cultivo presentadas en el campo:

Fase inicial: esta va desde la siembra de la semilla hasta el nacimiento de todas las plantas.

Fase de desarrollo: comprende desde que el cultivo cubre un 90% de toda el área establecida, hasta la formación completa de la raíz.

Fase final: transcurre desde el final de la fase anterior hasta la cosecha.

El coeficiente del cultivo “Kc” describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

La curva del Kc 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 E_{vtp} a E_v . Los valores de la curva de Kc son: 0.49, 0.87, 0.90

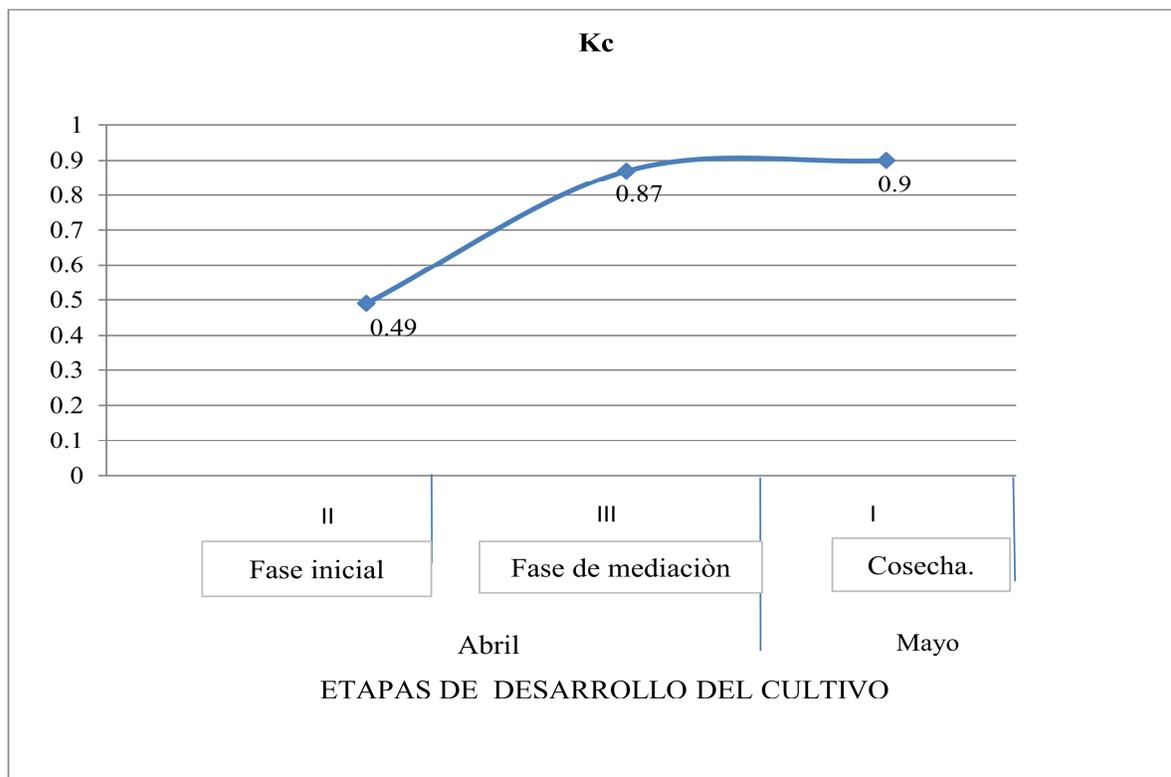


Figura 2. Etapas de desarrollo del cultivo de Rábano.

4.8.4 Coeficiente de rendimiento

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).

La aplicación del factor del efecto sobre el rendimiento (K_y) 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 K_y , el cultivo con mayor valor de K_y sufrirá mayor pérdida de rendimiento que el cultivo con menor valor de K_y (Doorenbos y Kassam, 1980).

El K_y es un 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).

En cuanto a lo escrito anteriormente acerca de que el K_y con mayor valor sufrirá una pérdida mayor en cuanto al rendimiento, para el rábano el fertilizante sintético fue el que presentó una mayor pérdida en el rendimiento con 7158 y su valor de K_y fue de 7.9, en cambio en el Lombrihumus su K_y fue bajo con valor de 4.6, pero esto nos indica que su rendimiento es alto ($9854 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). De esta manera se obtienen los otros tratamientos: bocashi con valor de 5.2, luego el compost con valor de 4.4, los cuales son expresados y representados en la tabla 15 y figura 3

Tabla 13. Coeficientes de rendimiento K_y calculados, en el cultivo de rábano

Parámetros del Cultivo	Valores máximo	TRATAMIENTOS			
		Lombrihumus	Bocashi	Compost	Sintético
Rendimiento [Kg ha^{-1}]	12000	9854	9623	9461	7158
$\frac{Y_r}{Y_m}$ [%]	100	82.12	80.19	78.84	59.65
EVTP [$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$]	950	913	914	904	902
$\frac{EVTP_r}{EVTP_m}$ [%]	100	96.10	96.21	95.16	94.95
K_y		4.6	5.2	4.4	7.9

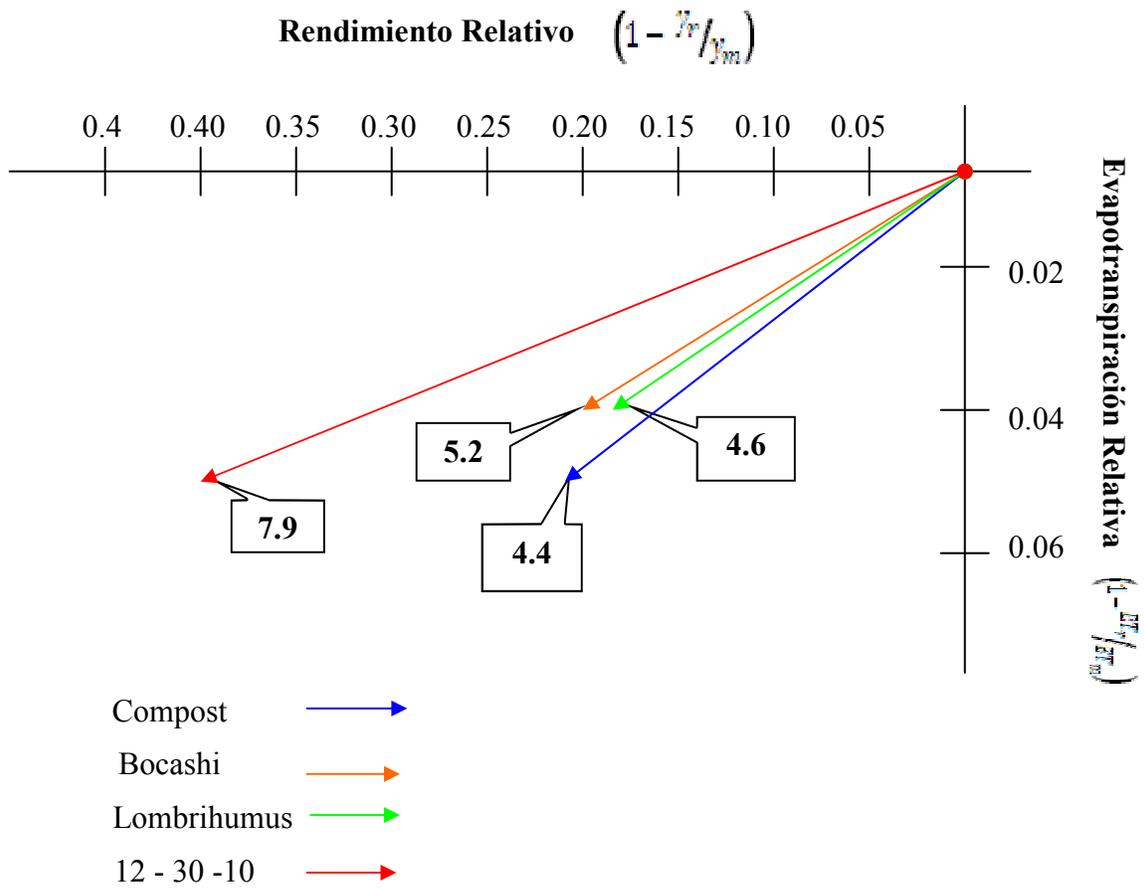


Figura 3. Coeficiente de rendimiento para el cultivo de rábano en los diferentes tratamientos de abonos orgánicos y sintéticos.

V CONCLUSIONES

No se encontró significancia para ninguna de las variables de crecimiento y por lo tanto se ubican en una sola categoría estadística.

Debido a la facilidad de retener humedad y nutrientes, el fertilizante orgánico bocashi resulto ser el mejor en cuanto a la variable peso de la raíz.

En el régimen de riego determinado en el cultivo se obtuvo una mayor norma de riego en las fases de mediación y cosecha.

Los valores encontrados para el coeficiente de rendimiento son: Lombrihumus, 4.6; bocashi, 4.4; compost, 5.2 y el sintético con 7.9.

Los valores encontrados para el coeficiente de cultivo en las diferentes fases son: fase inicial, 0.49; fase de mediación, 0.87 y cosecha, 0.90

En base al análisis económico realizado, concluyo que el cultivo de rábano no es económicamente viable si se produce con el uso de abonos orgánicos.

VI RECOMENDACIONES

En base a lo encontrado en la realización de dicha investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

Realizar esta investigación con otra variedad, en otras regiones con climas más nobles, para que de esta manera exista aún más información con respecto al rábano, puesto que su documentación es muy escasa en nuestro territorio.

Realizar nuevos estudios en relación al coeficiente del cultivo, para que de esta manera se tenga una mejor valoración del Kc con respecto al rábano.

Realizar nuevos estudios del coeficiente de rendimiento en las etapas de desarrollo del cultivo de rábano.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

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

Castellanos, RJ. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios. Instituto Técnico Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuario – Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.

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

CISA-AGRO

Gordon, EP.; Gaitan, LE. 1993. Efectos de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de malezas y crecimiento, desarrollo y rendimiento en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Tesis. UNA. Managua, Nicaragua.

Deras, CJ. 2003. Guía Técnica; Uso de riegos. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). San Salvador (El Salvador). 12-15 p.

Doorenbos, J; Kassam, A. 1980. Efectos del agua sobre rendimiento de los cultivos. Estudios FAO: Riego y Drenaje. Ed. FAO. Roma, Italia. 41-213 p.

Dueñas, GM. 1981. El riego. Ed. El pueblo y educación. La Habana (Cuba). p. 5 - 53

Flores, RP. 1994. Recomendaciones técnicas para el cultivo de hortalizas. Escuela agrícola panamericana El Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 81 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 cultivo y producción de semilla. México, D. F. Ed. Limusa. p. 841.

Laboratorio de Suelos y Agua. (LABSA). 2009. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Laguna, RJ.; Contreras, J. C. 2000. Efecto de biofertilizante (EM – BOSKASHI) sobre el crecimiento y rendimiento de rábano. LA CALERA. Managua, Nicaragua. p. 28.

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.

Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador. 2008. Guía Técnica para el cultivo de Rábano o Rabanito (en línea). Consultado 6 abr. 2009 .Disponible en http://www.mag.gob.sv/administrador/archivos/1/file_1151.pdf

Morales, MJ. 1996. Conservación de suelos y agua. Tragedia especial. UNA. Managua, Nicaragua. p. 154.

- Perdomo A, LJ. 2000.** Recomendaciones técnicas acerca del uso de humus de lombriz en los cultivos de ciclo corto; maíz, sorgo y hortalizas. Ed. Pueblo y educación. La Habana, Cuba. p. 180.
- Pedroza, HP. 1993.** Fundamentos de Experimentación Agrícola. CECOTROPIC, Managua, Nicaragua. 195 p.
- RAMACAFE.2004.** Lombrihumus: una solución para fertilizar (en línea). Consultado 27 oct. 2009. disponible en <http://www.Ramacafe.org>
- Restrepo, J. 2001.** Elaboración de abonos orgánicos fermentados y Biofertilizante foliares. Ed. SIMAS. Managua, Nicaragua. p. 153
- Sequeira, GA.; Valle, AJ. 2004.** Evaluación de diferentes porcentajes de lombrihumus y suelo, como sustrato en la producción de posturas de chiltoma (*Capsicum nahum* L.)En bandeja para trasplante. Tesis. UNA. Managua, Nicaragua. p. 25.
- 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.
- Tapia, BH.; Camacho, A. 1988.** Control integrado de la producción de frijol común basado en cero labranzas. G. T. Z. Managua, Nicaragua. p. 189.
- 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.
- Vallecillo, RE. 2004.** Guía técnica Riego por goteo gota a gota. Ed. Enlace. Managua, Nicaragua. p. 42

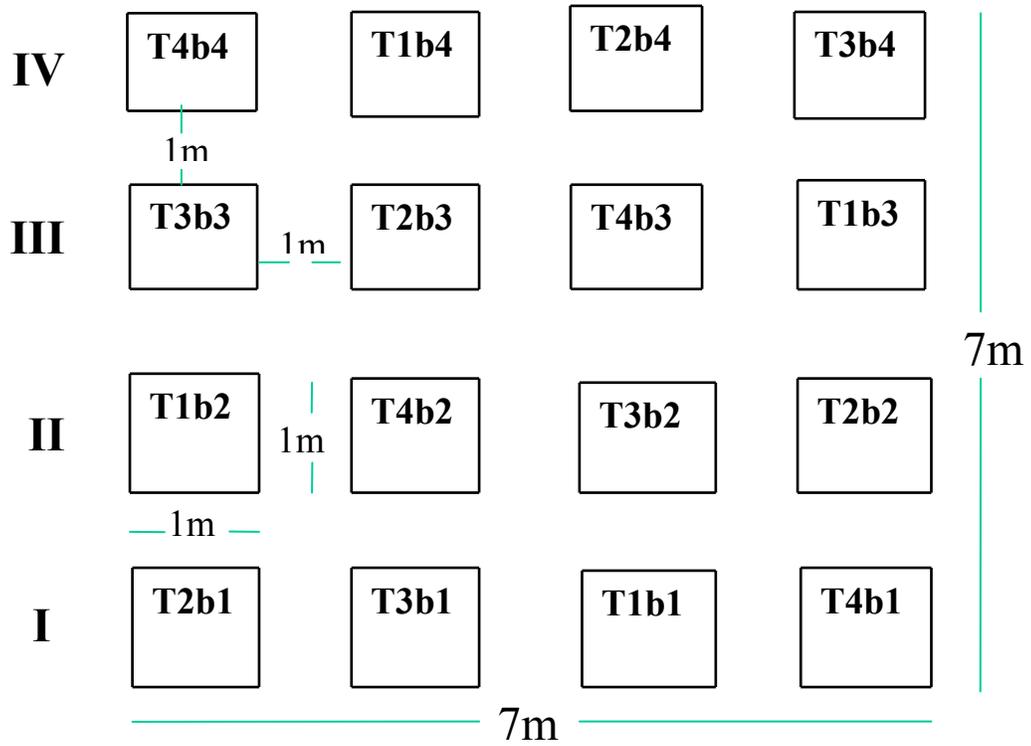
Valverde, JC. 2000. Riego y Drenaje. Ed. UNED. San. José, Costa Rica. p. 129.

Villanueva, E. 1990. Los suelos de la finca Las Mercedes y las propiedades más relevantes para planear su uso y manejo. Tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 21 p.

ZONA DE CULTIVO.2007. Cultivo de rábano (en línea). Consultado 17 abr. 2009 Disponible en <http://www.zonadecultivo.es/index.php>

VIII. ANEXOS

A-1 Diseño Experimental



A-2 Cantidad de agua recogida en los pluviómetros

N°	$I_i(mm/1h)$	I_m	$ I_i - I_m $
1	38	50.3810	12.381
2	54	50.3810	3.619
3	52	50.3810	1.619
4	48	50.3810	2.381
5	53	50.3810	2.619
6	57	50.3810	6.619
7	61	50.3810	10.619
8	55	50.3810	4.619
9	38	50.3810	12.381
10	32	50.3810	18.381
11	29	50.3810	21.381
12	34	50.3810	16.381
13	43	50.3810	7.381
14	45	50.3810	5.381
15	48	50.3810	2.381
16	70	50.3810	19.619
17	84	50.3810	33.619
18	62	50.3810	11.619
19	50	50.3810	0.381
20	57	50.3810	6.619
21	48	50.3810	2.381
Σ	1058		202.381

A-3 ISOYETA

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

$$I_m = \frac{\sum I_i}{n} = \frac{1058}{21} = 50.3810 \text{ mm. h}^{-1}$$

$$\sum |I_i - I_m| = 202.381$$

$$n \times I_m = 21 \times 50.3810 = 1058 \text{ mm. h}^{-1}$$

$$C_u = 100 \left[1 - \frac{\sum |I_i - I_m|}{n I_m} \right], \quad C_u = 100 \left[1 - \frac{202.381}{1058} \right] = 81\% \rightarrow \text{Bueno.}$$

A-5 Resultados de la aforación de los aspersores.

$$Q = 242p^{0.5}$$

$$p = 31.28 \text{ psi} \rightarrow 0.777 \text{ lt/s en 5 seg}$$

$$0.777 \rightarrow 5 \text{ seg}$$

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

$$x = \frac{0.777 \text{ lt} \times 1 \text{ seg}}{5 \text{ seg}} = 0.155 \text{ lt. seg}^{-1}$$

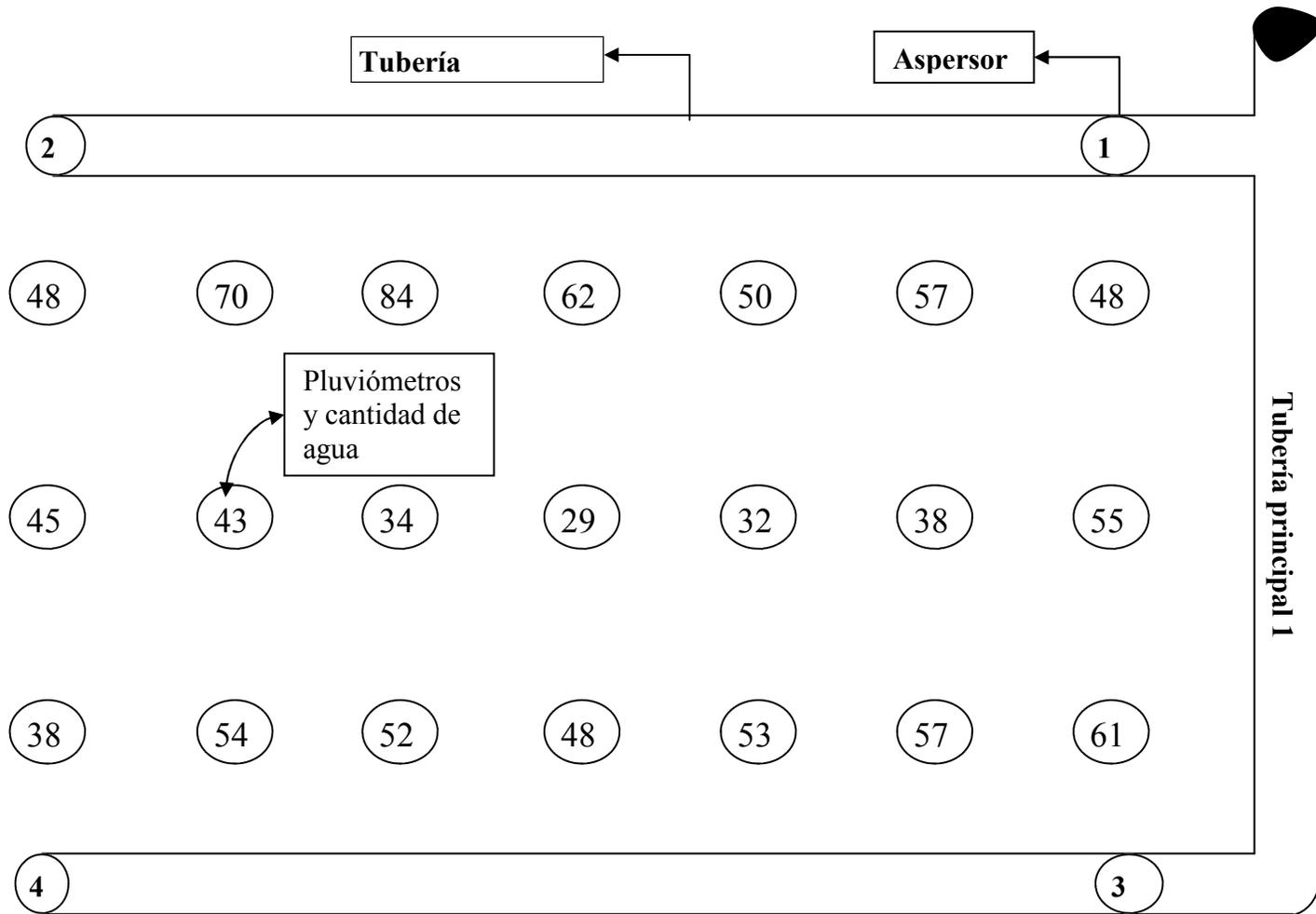
A-6 Cálculo de los tiempos de puesta del riego.

$$I_{\text{lluv}} = \frac{3600 \times q_a}{A_{\text{humed.}}}, \quad I_{\text{lluv}} = \frac{3600 \times 4(0.155 \text{ lt. seg}^{-1})}{82 \text{ m}^2} = 27.2 \text{ mm. h}^{-1}$$

$$Mp_b = \frac{Mp_{n1}}{Ef} = \frac{14.5}{0.85} = 13.53 \text{ mm}$$

$$T_p = \frac{Mp_b}{I_{\text{lluv}}} = \frac{13.53 \text{ mm}}{27.2 \text{ mm. h}^{-1}} = 0.5 \text{ h}$$

A-7 Esquema de la evaluación pluviométrica



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

PORCENTAJE DE HUMEDAD			
	ABRIL		MAYO
Tratamientos	II DEC	III DEC	I DEC
Lombrihumus	32,5	32,56	37,09
Compost	33,24	32,8	36,85
Bocashi	32,45	32,58	36,9
Químico	32,6	32,65	37,23

DENSIDAD APARENTE			
	ODW (g)	CV (cm ⁻³)	Da (g. cm ⁻³)
1	90,6	100	0,91
2	94,4	100	0,94
3	105,2	100	1,05
4	109	100	1,09
5	110,8	100	1,11
6	105,4	100	1,05
7	98	100	0,98
8	100,7	100	1,01
9	105,6	100	1,06
X			1,02

RESERVAS INICIALES			
$W_i = 100 \times \Delta H \times D_a \times \%Hp_{\text{inicio de la decena}} \quad (\Delta H = 0.15)$			
$W_i = 100 \times 0.15 \times 1.02 \times \%Hp_i$			
Lombrihumus	497	498	568
Compost	509	502	564
Bocashi	497	499	565
Químico	499	500	570
RESERVAS FINALES			
$W_f = 100 \times \Delta H \times D_a \times \%Hp_{\text{final de la decena}} \quad (\Delta H = 0.15 \text{ m})$			
$W_f = 100 \times 0.15 \times 1.02 \times \%Hp_{f-\text{dec}}$			
Lombrihumus	498	568	477
Compost	502	564	469
Bocashi	499	565	478
Químico	500	570	477

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

$evpt = W_i - W_f + p_a + N_r M_p$	$K_c = \frac{evtp}{evp}$
DECENAS DE ABRIL	
$evpt = 497 - 498 + 6(115) = 689m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{689}{1415} = 0.50$
$evpt = 498 - 568 + 11 + 8(115) = 861ha^{-1}$ $p_c = 11 \rightarrow P_a = 11$	$K_c = \frac{861}{994} = 0.87$
DECENAS DE MAYO	
$evpt = 568 - 464 + 4 + 7(115) = 913m^3ha^{-1}$ $p_c = 4 \rightarrow P_a = 4i$	$K_c = \frac{913}{1000} = 0.91$

A-10 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	
$evpt = 509 - 502 + 6(115) = 697m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{697}{1415} = 0.49$
$evpt = 502 - 564 + 11 + 8(115) = 869ha^{-1}$ $p_c = 11 \rightarrow P_a = 11$	$K_c = \frac{869}{994} = 0.87$
DECENAS DE MAYO	
$evpt = 564 - 469 + 4 + 7(115) = 904m^3ha^{-1}$ $p_c = 4 \rightarrow P_a = 4$	$K_c = \frac{900}{1000} = 0.90$

A-11 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	
$evpt = 497 - 499 + 6(115) = 688m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{688}{1415} = 0.49$
$evpt = 499 - 565 + 11 + 8(115) = 865ha^{-1}$ $p_c = 11 \rightarrow P_a = 11$	$K_c = \frac{865}{994} = 0.87$
DECENAS DE MAYO	
$evpt = 565 - 460 + 4 + 7(115) = 914m^3ha^{-1}$ $p_c = 4 \rightarrow P_a = 4$	$K_c = \frac{914}{1000} = 0.91$

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

$evpt = W_i - W_f + p_a + N_r M_p$	$K_c = \frac{evtp}{evp}$
DECENAS DE ABRIL	
$evpt = 499 - 500 + 6(115) = 689m^3ha^{-1}$ $p_c = 0 \rightarrow P_a = 0$	$K_c = \frac{689}{1415} = 0.49$
$evpt = 500 - 570 + 11 + 8(115) = 861ha^{-1}$ $p_c = 11 \rightarrow P_a = 11$	$K_c = \frac{861}{994} = 0.87$
DECENAS DE MAYO	
$evpt = 570 - 477 + 4 + 7(115) = 902m^3ha^{-1}$ $p_c = 4 \rightarrow P_a = 4$	$K_c = \frac{902}{1000} = 0.90$

A-13 Cálculos del régimen de riego en proyecto.

Reservas validas para las decenas de abril y mayo.

$$W_{max} = 100 \times \Delta H \times D_a C_c$$

$$\Delta H = 0.15m$$

$$W_{max} = 100 \times 0.15 m \times 1.02 g/cm^3 \times 37.57$$

$$W_{max} = 575m^3ha^{-1}$$

Reservas validas para las decenas de abril y mayo.

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

$$W_{\min} = 100 \times 0.15 \text{ m} \times 1.02 \text{ g/cm}^3 \times 80\% (37.57)$$

$$W_{\min} = 460 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

(Norma parcial valida para las decenas de Abril y Mayo.)

$$M_p = M_{\max} - M_{\min}$$

$$M_p = 575 - 460$$

$$M_p = 115 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

Reserva inicial valida para las decenas de abril y mayo

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

$$W_i = 0.9 \times 575 = 518 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

Criterios para la P_a en la primera decena de abril:

Como: $P_c \leq \text{evtp} \rightarrow P_a$ entonces la $3 < 474 \rightarrow P_a = 3$

¿Hay que regar?

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

$$474 > (518 - 460) + 3$$

$$474 > 61 \rightarrow \text{se debe regar}$$

¿Cuántos riegos se deben de aplicar?

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

$$474 \leq (518 - 460) + 3 + 4(115)$$

$$474 < 521 \rightarrow \text{se debe de aplicar 4 riegos}$$

Fechas de riego:

$$\text{Fechas}_{\text{riego}} = \frac{61 + 0(115)}{\frac{474}{10}} + 1 = 2$$

$$\text{Fechas}_{\text{riego}} = \frac{61 + 1(115)}{\frac{474}{10}} + 1 = 5$$

$$\text{Fechas}_{\text{riego}} = \frac{61 + 2(115)}{\frac{474}{10}} + 1 = 7$$

$$\text{Fechas}_{\text{riego}} = \frac{61 + 3(115)}{\frac{474}{10}} + 1 = 10$$

El día 12, 15, 17 y 20 de abril se debe regar aplicando una norma de 11.5 mm

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

$$\sum \text{Total ingresos} = 518 + 3 + 4(115) = 981 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$$

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

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

$$W_f = 981 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} - 474 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} \qquad W_f = 507 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$$

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

$$W_{\text{con}} = 575 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} - 507 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} = 68 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$$

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

$$W_{\text{pres}} = 507 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} - 460 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} = 47 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$$

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.

$$\text{ETP} = (a + b) \text{WRs}$$

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

Datos:

Temperatura: 36°C

Insolación media n: 11.8 h

Vientos diurnos: 8 m/s

Humedad relativa: 67%

Latitud: 12°08'36"N=12.14°

Altitud: 56 msnm

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

Interpolando obtenemos:

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

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

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

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

Interpolando obtenemos:

$$5 \left\{ \begin{array}{l} 15^\circ \\ 12.14^\circ \\ 10^\circ \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \longrightarrow 12.8 \\ \longrightarrow X? \\ \longrightarrow 12.6 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 0.2 \quad \left\{ \begin{array}{l} 5 \longrightarrow 0.2 \\ 2.86 \longrightarrow X \end{array} \right.$$

$$X = (2.86 \times 0.2) / 5 = 0.1144 \quad \rightarrow \quad N = 12.8 - 0.1144 = 12.69, \quad N = 12.69 \text{ h}$$

Entonces:
→

$$R_s = \left[0.25 + 0.50 \left(\frac{11.8}{12.69} \right) \right] \times R_a$$

$$R_s = \left[0.25 + 0.50 \left(\frac{11.8}{12.69} \right) \right] \times 15.514$$

$$R_s = 11.1 \text{ mm dia}^{-1}$$

Factor de ponderación W por la tabla N° 1 (T=36°C y Alt.= 56msnm)

$$W = 0.83$$

Término de radiación $W \times R_s$

$$W \times R_s = 0.83 \times 11.1 = 9.2 \text{ mm/dia}$$

Evapotranspiración potencial ETP, por la figura 1 (Vientos fuertes 8 m s^{-1} y Hr = 67%, $W \times R_s = 9.2$)

$$ETP = 9.5 \text{ mm dia}^{-1}$$

$$ETP \text{ en la decena} = 9.5 \text{ mm dia}^{-1} \times 10 \text{ dias} = 95 \text{ mm dec}^{-1}$$

$$ETP \text{ en la decena} = 95 \text{ mm dec}^{-1} \times 10 = 950 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

A.15 Cálculo de régimen de riego para el cultivo de rábano (con lombrihumus)

MES	DEC	W máx.	W min.	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingresos	EGRESOS			Wf	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Kb	Ev	EVT			
						Pc	Pa	Fechas	Nr (Mp)							
		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	II	575	460	115	497	0	0	14,16, 18, 20, 22, 24	6 (115)	1187	0.50	1415	689	498	77	38
	III	575	460	115	498	11	11	25-30, 1,2	8 (115)	1429	0.87	994	861	568	7	108
MAYO	I	575	460	115	568	4	4	5- 7,9,11, 13, 14	7 (115)	1377	0.90	1000	913	464	111	4
Total							15	21	2415	4005			2463			

RESUMEN DE TABLA:

Norma total de riego: 2415 m³ ha⁻¹

Números de riego: 21

Evapotranspiración total del ciclo: 2463 m³ ha⁻¹

La Norma total de riego apporto el: 98% de la Evt_p

A-16 Cálculo de régimen de riego para el cultivo de rábano (con compost)

MES	DE C	W máx.	W min.	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingreso s	EGRESOS			Wf	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Kb	Ev	EVT			
						Pc	Pa	Fechas	Nr (Mp)							
		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	II	575	460	115	509	0	0	14,16,1 8,20, 22,24	6 (115)	1199	0,49	1415	697	502	73	42
	III	575	460	115	502	11	11	25-30, 1,2	8 (115)	1433	0,87	994	869	564	11	104
MAYO	I	575	460	115	564	4	4	5- 7,9,11,1 3, 14	7 (115)	1373	0,90	1000	904	469	106	9
TOTAL							15	21	2415	4005			2470			

RESUMEN DE TABLA:

Norma total de riego: 2415 m³ ha⁻¹

Números de riego: 21

Evapotranspiración total del ciclo: 2470 m³ ha⁻¹

La Norma total de riego aportó el: 98% de la Evt_p

A-17 Cálculo de régimen de riego para el cultivo de rábano (con bocashi)

MES	DEC	W máx.	W min.	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingresos	EGRESOS			Wf	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Kb	Ev	EVT			
						Pc	Pa	Fechas	Nr(Mp)							
		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	II	575	460	115	497	0	0	14,16,18,20, 22,24	6 (115)	1187	0.49	1415	688	499	76	39
	III	575	460	115	499	11	11	25-30, 1,2	8 (115)	1430	0.87	994	865	565	10	105
MAYO	I	575	460	115	565	4	4	5-7,9,11,13, 14	7 (115)	1374	0.90	1000	914	460	115	0
TOTAL							15	21	2415	3991			2467			

RESUMEN DE TABLA:

Norma total de riego: 2415 m³ ha⁻¹

Números de riego: 21

Evapotranspiración total del ciclo: 2467 m³ ha⁻¹

La Norma total de riego aporato el: 98% de la Evtp

A-18 Cálculo de régimen de riego para el cultivo de rábano (con sintético)

MES	DE C	W máx.	W min.	Mp	Wi	INGRESOS				Total de Ingreso s	EGRESOS			Wf	W cons	W pres
						Lluvias		Riegos			Kb	Ev	EVT			
						Pc	Pa	Fechas	Nr (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	II	575	460	115	499	0	0	14,16,18, 20, 22,24	6 (115)	1189	0,49	1415	689	500	75	40
	III	575	460	115	500	11	11	25-30, 1,2	8 (115)	1431	0,87	994	861	570	5	110
MAYO	I	575	460	115	570	4	4	5- 7,9,11,13 14	7 (115)	1379	0,90	1000	902	477	98	17
TOTAL							15	21	2415	3999			2452			

RESUMEN DE TABLA:

Norma total de riego: 2415 m³ ha⁻¹

Números de riego: 21

Evapotranspiración total del ciclo: 2452 m³ ha⁻¹

La Norma total de riego apporto el: 98% de la Evt

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

$$Y_r = 12 \text{ ton} \rightarrow \text{Flores, 1994}$$

$$Ky = \frac{\left(1 - \frac{Y_r}{y_m}\right)}{\left(1 - \frac{EVTP_r}{EVTP_m}\right)}$$

$$Ky_{\text{lombrihumus}} = \frac{\left(1 - \frac{9.85}{12}\right)}{\left(1 - \frac{913}{950}\right)} = 4.6,$$

$$Ky_{\text{compost}} = \frac{\left(1 - \frac{9.46}{12}\right)}{\left(1 - \frac{904}{950}\right)} = 4.4$$

$$Ky_{\text{Bocashi}} = \frac{\left(1 - \frac{9.62}{12}\right)}{\left(1 - \frac{914}{950}\right)} = 5.2,$$

$$Ky_{\text{Quimico}} = \frac{\left(1 - \frac{7.16}{12}\right)}{\left(1 - \frac{902}{950}\right)} = 7.9$$