

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Cultivo de Betabel (*Beta vulgaris L.*) Bajo Diferentes Niveles de Nutrición y  
Condiciones Ambientales

Por:

**VERÓNICA GUADALUPE ROBLES SALAZAR**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Cultivo de Betabel (*Beta vulgaris* L.) Bajo Diferentes Niveles de Nutrición y  
Condiciones Ambientales

Por:

**VERÓNICA GUADALUPE ROBLES SALAZAR**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

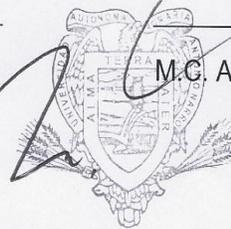
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada

Dr. Marco Antonio Bustamante García

Asesor Principal

Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez  
Coasesor



M.C. Adolfo Ortégón Pérez  
Coasesor

Coordinación

División de Agronomía

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2015

## AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** Por haberme permitido cumplir con uno de mis objetivos, brindándome salud, sabiduría y fuerzas para seguir adelante en este camino.

A mi **ALMA TERRA MATER** Por haberme brindado y transmitido tantos conocimientos y sobre todo por formarme profesionalmente, para una tarea que no es nada sencilla “la agricultura”.

A mis **Padres** por siempre apoyarme en mis decisiones.

A todos los maestros que me han acompañado durante este camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos.

Al **Dr. Marco Antonio Bustamante**, por su valiosa asesoría y apoyo para la realización de este trabajo.

A mis Coasesores la **Dra. Fabiola Aureoles**, al **M.C. Adolfo Ortegón** y al **Dr. Víctor Reyes**. Por la disponibilidad y asesoría para la revisión del presente trabajo.

A Lupita, por el apoyo y tiempo que me brindo para la realización de este trabajo.

**A mis Buenos y Mejores Amigos de la carrera.** Eduardo, Vela, Emir, Teodoro, Gaby, Dulce, Mary, Lety, Ícela, Liz, Sara, Adolfo, Lalo, Rodolfo, Luis, Gerardo, Elver, Constantino, Ceh, Víctor, Treviño, Eleuterio, Oscar, Andrés, Jaime, Ismael, Ponciano, Mozo, Javi, Bonilla, Riquelme, Jesús. **Por su amistad, gracias.**

## DEDICATORIAS

A mis padres **Ricardo y Luisa** quienes con su sabiduría, paciencia y dedicación, han sabido guiarme por el camino del bien y enseñando a vencer los obstáculos que se me presenta en la vida.

A mis hermanos: **Jorge y Ricardo** por sus consejos y apoyo en cada momento.

A mis sobrinos: **Iker y Edén** quienes son mi luz para culminar con éxito esta meta.

A **Lolito**, mi angelito que siempre me acompaña.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen.....	4
2.2 Importancia.....	5
2.3 Clasificación Taxonómica.....	6
2.4 Características botánicas.....	6
2.4.1 Hojas.....	7
2.4.2 Raiz.....	7
2.4.3 Flor.....	8
2.4.4 Fruto y semilla.....	9
2.5 Valor nutritivo.....	9
2.6 Requerimientos de clima.....	10
2.6.1 Temperatura.....	11
2.6.2 Humedad.....	11
2.7 Requerimientos de suelo y fertilización.....	12
2.8 Cosecha.....	13
2.9 Funciones de los nutrimentos N, P y K en las plantas.....	14
2.9.1 Nitrógeno.....	14
2.9.2 Fósforo.....	14
2.9.3 Potasio.....	15

2.10 Cultivos bajo condiciones protegidas.....	15
2.11 Horticultura protegida .....	16
2.11.1 Desarrollo de la horticultura protegida en México.....	17
2.12 Túneles.....	17
2.12.1 Ventajas:.....	18
2.12.2 Desventajas: .....	18
2.13 Importancia de los invernaderos.....	19
2.14 Factores ambientales y su influencia en desarrollo de los cultivos bajo invernadero.....	19
2.14.1 Luz.....	20
2.14.2 Temperatura. ....	20
2.14.3 Humedad relativa.....	21
2.14.4 Radiación.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Localización del área de estudio.....	23
3.2 Características ambientales del área de estudio. ....	23
3.3 Establecimiento del experimento. ....	24
3.4 Tratamientos de Fertilización.....	25
3.5 Tratamientos de protección ambiental.....	25
3.6 Manejo del cultivo .....	26
3.7 Condiciones meteorológicas.....	27
3.8 Cosecha .....	27
3.9 Parámetros evaluados.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1 Condiciones Meteorológicas.....	29
4.1.1 Radiación .....	29
4.1.2. Temperatura .....	30
4.1.3. Humedad Relativa.....	31
4.2 Rendimiento de bulbos.....	32
4.2.1 Rendimiento de bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.....	32

4.2.2 Rendimiento de bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.....	33
4.3 Rendimiento de follaje .....	34
4.3.1 Rendimiento de follaje con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.....	34
4.3.2 Rendimiento de follaje con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.....	35
4.4 Peso de bulbos.....	37
4.4.1 Peso de bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.....	37
4.4.2. Peso de bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.....	38
4.5 Diámetro ecuatorial de bulbos .....	39
4.5.1 Diámetro ecuatorial de bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.....	39
4.5.2 Diámetro ecuatorial de bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.....	40
4.6 °Brix de bulbos.....	41
4.6.1 °Brix de bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.....	41
4.6.2 °Brix de bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.....	42
4.7 Antocianinas .....	43
4.7.1 Contenido de antocianinas en bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.....	43
4.7.2 Contenido de antocianinas en bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.....	44
V. CONCLUSIONES .....	46
VI. LITERATURA CITADA .....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición química de la hoja del betabel.....	7
<b>Cuadro 2.</b> Composición química de la raíz.....	8
<b>Cuadro 3.</b> Concentración de los compuestos orgánicos y minerales en betabel.....	9

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Estados con mayor superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento a nivel nacional del cultivo de betabel.....	5
<b>Tabla 2.</b> Cantidades de los principales nutrientes del suelo que extrae el betabel.....	12
<b>Tabla 3.</b> Tratamientos de estudio de investigación.....	26
<b>Tabla 4.</b> Radiación registrada en diferentes días y horas, bajo las diferentes condiciones de cultivo del betabel.....	29
<b>Tabla 5.</b> Temperatura registrada en diferentes días y horas, bajo las diferentes condiciones de cultivo del betabel.....	30
<b>Tabla 6.</b> Humedad relativa registrada en diferentes días y horas, bajo las diferentes condiciones de cultivo del betabel.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No. 1</b> Efecto de la dosis de fertilización sobre el rendimiento de follaje del betabel híbrido Boro F1, cultivado a campo abierto.....	33
<b>Figura No. 2</b> Efecto de las condiciones climáticas sobre el rendimiento de follaje del betabel híbrido Boro F1, cultivado a campo abierto, macrotúnel (azul), macrotúnel (negro) y microtúnel con diferentes dosis de fertilización.....	34
<b>Figura No. 3</b> Efecto de la dosis de fertilización sobre el rendimiento de bulbos del betabel híbrido Boro F1, cultivado a campo abierto.....	35
<b>Figura No. 4</b> Efecto de las condiciones climáticas sobre el rendimiento de bulbos del betabel híbrido Boro F1, cultivado a campo abierto, macrotúnel (azul), macrotúnel (negro) y microtúnel con diferentes dosis de fertilización.....	37
<b>Figura No 5.</b> Datos obtenidos del peso (gr.) en el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.....	38
<b>Figura 6.</b> Peso de bulbos en el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y cultivado bajo diferentes condiciones climáticas.....	39
<b>Figura 7.</b> Diámetro ecuatorial de bulbos en el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.....	40
<b>Figura 8.</b> Diámetro ecuatorial de bulbos en el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.....	41
<b>Figura 9.</b> Datos obtenidos de °Brix en el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización, cultivado a campo abierto.....	42

<b>Figura 10.</b> °Brix de bulbos del betabel cultivado con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes dosis climáticas.....	43
<b>Figura 11.</b> Contenido de antocianinas en bulbos de betabel híbrido boro F1 con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.....	44
<b>Figura 12.</b> Contenido de antocianinas obtenido en tratamientos cultivados en campo abierto y diferentes condiciones climáticas.....	45

## RESUMEN

El betabel está considerado como una hortaliza de raíz, aunque en realidad se trata de un tallo engrosado bulboso. Es un alimento nutritivo y muy utilizado en ensaladas y jugos. El jugo tiene importantes cantidades de vitamina B, hierro, magnesio y potasio, esenciales para la salud del organismo. Las hojas cocidas también son comestibles.

Existe poca información en cuanto a la fertilización de Nitrógeno, Fosforo y Potasio (NPK) recomendada para el betabel especialmente en relación al nivel de Potasio (K), ya que en algunas regiones del país no se fertiliza al betabel con K supuestamente por que los suelos de México son altos en K.

Por otra parte, el betabel normalmente se cultiva a campo abierto y no existen reportes del cultivo bajo condiciones protegidas, como por ejemplo en macro o micro túneles.

La investigación se realizó en el Centro de Entrenamiento sobre Agricultura Orgánica Biointensiva “Antonio Narro” del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México durante el año 2014. Para este trabajo de investigación se utilizó el híbrido Boro F1.

El objetivo del proyecto fue analizar el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo del betabel bajo diferentes niveles de fertilización y condiciones protegidas.

Por lo cual se emplearon 12 tratamientos, los cuales a continuación se mencionan:

1. Dosis 80-40-0 a campo abierto, 2.- dosis 80-40-80 a campo abierto, 3.- dosis 100-50-0 a campo abierto, 4.- 100-50-100 a campo abierto, 5.- 120-60-0 a campo abierto, 6.- 120-60-120 a campo abierto, 7.- dosis 80-40-0 bajo macrotúnel (cubierta azul), 8.- dosis 80-40-80 bajo macrotúnel (cubierta azul), 9.- 100-50-0 bajo microtúnel (cubierta negro) 10.- dosis 100-50-100 bajo microtúnel (cubierta negro), 11.- dosis 120-60-0 bajo macrotúnel (cubierta negro), 12.- 120-60-120 bajo macrotúnel (cubierta negro). En un diseño completamente al azar.

Los parámetros evaluados fueron: Peso fresco del follaje, peso de bulbos, diámetro de bulbos, °Brix, contenido de antocianinas.

En base en los resultados obtenidos en la presente investigación. El mayor rendimiento de bulbos y follaje lo obtuvo la dosis 80-40-0 establecida en campo abierto, por lo que podemos decir que el Potasio no influye

positivamente en el rendimiento y se observó que a mayores dosis de Nitrógeno, el rendimiento se reducía. Por otro lado al incrementar las dosis de Nitrógeno e incluir Potasio se vio favorecido el peso, diámetro de bulbos, °brix y contenido de antocianinas. Al cultivar el betabel bajo condiciones protegidas, el rendimiento de bulbos y follaje se vio favorecido bajo el macrotúnel (cubierta azul) con la dosis 80-40-80, las condiciones de protección por lo general tendieron a reducir el peso y diámetro ecuatorial, también viéndose desfavorecidos los °brix y el contenido de antocianinas, lo cual está relacionado con la menor radiación que recibió bajo las condiciones protegidas.

**Palabras clave:** Betabel (*Beta vulgaris* L.), Rendimiento, Calidad, Dosis de Fertilización, Condiciones Climáticas.

Correo Electrónico; Veronica Guadalupe Robles Salazar,  
[vgrs1992@outlook.com](mailto:vgrs1992@outlook.com)

## I. INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos sanos y de alta calidad es creciente, y los volúmenes y características de los productos están totalmente ligados a una buena nutrición de la planta y a la posibilidad de que esta exprese plenamente sus características y potencial genéticos, en las mejores condiciones ambientales y de manejo, para su desarrollo (Yañez,2002).

El betabel está considerado como una hortaliza de raíz, aunque en realidad se trata de un tallo engrosado bulboso. Es un alimento nutritivo y muy utilizado en ensaladas y jugos. El jugo tiene importantes cantidades de vitamina B, hierro, magnesio y potasio, esenciales para la salud del organismo. Las hojas cocidas también son comestibles.

A nivel nacional los Estados con mayor rendimiento en el 2013 en el ciclo Primavera-Verano fueron: Guanajuato con 28 ton/ha, Jalisco con 22.72 ton/ha, México con 21.20 ton/ha, Baja California con 20.05 ton/ha, Puebla con 18.17 ton/ha etc., (SIAP, 2013).

La fertilización, como práctica agronómica para el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos, es un factor determinante en el rendimiento y calidad del producto que se obtiene de los mismos. Se conocen las funciones que cada elemento nutrimental tiene en la planta así como las consecuencias desfavorables que producen sus deficiencias o excesos, por lo que debe existir un equilibrio de elementos en el suelo y que las aplicaciones de fertilizantes que

se realicen deben mantener o mejorar dicho equilibrio para alcanzar buenos rendimientos (Rodríguez, 1988).

Robledo y Martín (1980) mencionan que el uso de los materiales plásticos, en muchos países, están contribuyendo a la solución de algunos de los problemas que se le presentan a la agricultura. Entre las nuevas tecnologías que se están aplicando a nivel mundial para aumentar el rendimiento de las cosechas, se encuentran el uso de invernaderos, túneles para cultivos semiforzados, acolchados, sistemas de riego presurizado, entre otros.

### **1.1 Objetivos**

Existe poca información en cuanto a la fertilización de Nitrógeno, Fosforo y Potasio (NPK) recomendada para el betabel especialmente en relación al nivel de Potasio (K), ya que en algunas regiones del país no se fertiliza al betabel con K supuestamente por que los suelos de México son altos en K.

Por otra parte, el betabel normalmente se cultiva a campo abierto y no existen reportes del cultivo bajo condiciones protegidas, como por ejemplo en macro o micro túneles.

Por lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos:

- ✓ Analizar el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo del betabel con diferentes niveles de fertilización.
- ✓ Determinar la adaptación del cultivo a las condiciones bajo macro y micro túneles.

## **1.2 Hipótesis**

El rendimiento del betabel estará influenciado por los diferentes niveles de fertilización y por las diferentes condiciones de protección bajo las cuales sean cultivadas

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen.

El cultivo de la remolacha se desarrolla en Francia y España durante el siglo XV, se cultivaba por sus hojas, que probablemente equivalían a las espinacas y acelgas. A partir de entonces la raíz ganó popularidad, especialmente la de la variedad roja conocida como remolacha. En 1747, el científico alemán Andreas Marggraf demostró que los cristales de sabor dulce obtenidos del jugo de la remolacha eran iguales a los de la caña de azúcar. En 1811, Napoleón mandó plantar 32,000 hectáreas de remolacha, contribuyendo de este modo al establecimiento de las fábricas de azúcar. En pocos años se construyeron más de cuarenta fábricas de azúcar de remolacha, distribuidas desde el norte de Francia, Alemania, Austria, Rusia y Dinamarca. (Infoagro, 2006).

Escobar (1959) considera que el betabel es sinónimo de remolacha, más comúnmente usado en México, sobre todo si se refiere uno a la raíz comestible y no a la productora de azúcar o a la forrajera.

Hili (1965) reporta que las diferentes plantas que de este tipo se cultivan en la actualidad son; betabel, acelga, remolacha azucarera y remolacha forrajera, perteneciendo todas a una misma especie *Beta vulgaris* L., que sin duda alguna se originó de la remolacha silvestre *Beta marítima* L., de las costas de Europa Occidental y del África del Norte, pero solo tiene una raíz delgada y ramosa.

## 2.2 Importancia.

Es un alimento nutritivo y muy utilizado en ensaladas y jugos. El jugo tiene importantes cantidades de vitamina B, hierro, magnesio y potasio, esenciales para la salud del organismo. Las hojas cocidas también son comestibles.

De acuerdo a los datos de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el cierre de la producción agrícola por estado en el ciclo primavera-verano en el año 2013, los estados con mayor rendimiento son: Guanajuato con 28 ton/ha, Jalisco con 22.72 ton/ha, México con 21.20 ton/ha, Baja California con 20.05 ton/ha, Puebla con 18.17 ton/ha etc.

**Tabla 1.** Estados con mayor superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento a nivel nacional del cultivo de betabel.

Estado	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Aguascalientes	2	2	32	16
Baja california	20	20	401	20.05
Chihuahua	2	2	18	9
Distrito federal	1	1	10	10
Durango	5	5	57	11.40
Guanajuato	1	1	28	28
Hidalgo	7	7	31.50	4.50
Jalisco	85	85	1918	22.56
Michoacán	6	6	72.60	12.10
México	45	45	954	18.54
Puebla	198.10	198.10	3672.50	18.17
San Luis Potosí	11.50	11.50	103.50	9
Total	383.6	383.6	7298.1	179.32

Fuente Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP, año 2013

### 2.3 Clasificación Taxonómica

Landaw (1963), reporta las siguientes taxonomías de betabel.

Reino	Vegetal
Division	tracheophita
Subdivision	Peteropside
Clase	angiosperma
Subclase	Dicotyledoneae
Grupo	archiclamydeae
Orden	chenopodiaceae
Género	<i>Beta</i>
Especie	<i>vulgaris</i>
Variedad	<i>rubra</i>

### 2.4 Características botánicas

El betabel es una planta bianual que para florecer requiere vernalización. Tiene un sistema de raíces muy profundo y ramificado, reportándose que la raíz principal puede llegar a medir de 1.8 a 2.0 m y lateralmente 60 cm (Guenko, 1983). El tallo floral puede alcanzar una altura de 1.0 a 1.20 m (Thompson y Kelly, 1959).

### 2.4.1 Hojas

Tiscornia (1976) menciona que el primer año desarrolla hojas ovales, pecioladas, enteras rizadas de color verde y con frecuencia vateadas de rojo.

Según Boussingault (1937), mencionado por Tackson (1937), las hojas contienen:

**Cuadro 1.** Composición química de la hoja del betabel

Albúmina	2.60%
Materia grasa	0.60%
Azúcar y almidón	3.00%
Leños y celulosa	1.40%
Agua	90.70%

### 2.4.2 Raíz

La raíz se forma durante el primer año, es espesa, carnosa y pivotante, la raíz agrandada de betabel es bastante distinta de las otras plantas de raíz, un corte transversal muestra bandas circulares alternas de tejidos almacenadores y conductores de nutrimentos (Edmond, et al., 1967).

El betabel posee una forma fusiforme globosa; más o menos aplastado en los polos, con pulpa crujiente y carnosa (Mainardi, 1978).

Se dice que la parte comestible es una raíz, pero se ha comprobado que se trata de un hipocotilo ensanchado (cambium engrosado) (Yamaguchi, 1983); su color puede ser rojo o morado, debido al pigmento denominado betanina o betacianina, que es un compuesto que posee nitrógeno con propiedades

semejantes a las antocianinas. Asimismo hay algunos betabeles que contienen pigmento amarillo llamado betaxantina.

Guenko (1983) menciona que el bulbo se compone de anillos concéntricos claros (xilema) y oscuros (floema), y afirma que cuanto menos anillos claros (xilema) se tengan, mayor será la calidad.

Boussingault (1937), mencionado por Tackson en 1937 reporta que la composición media de las raíces es la siguiente:

**Cuadro 2.** Composición química de la raíz.

Agua	80.50%
Azúcar y almidón	10.40%
Leñoso	1.9%
Cuerpos grasos	0.10%
Sales	0.80%
Albúmina	1.80%

**2.4.3 Flor**

La inflorescencia está compuesta por una larga panícula; las flores son sésiles y hermafroditas, pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres. El cáliz es de color verdoso y está compuesto por cinco sépalos y cinco pétalos, y cubre las semillas formando un pequeño fruto.

Bailey (1963) menciona que las flores son perfectas, bracteadas, periantano en forma de urna, cinco lóbulos adheridos a la base de color verde amarillo, o al ovario empezando a endurecerse el fruto; cinco estambres sobre un succulento anillo o disco opuestas a los segmentos de periantano.

La polinización es típicamente anemófila y lo normal es la polinización cruzada (Gill y Vear, 1965).

#### 2.4.4 Fruto y semilla

Stewart (1975) menciona que las flores se pegan en su base y crecen juntas durante la maduración para formar frutos aglomerados que generalmente comprenden tantas semillas como flores había en el glomérulo, los frutos secos y duros son las “semillas” del comercio y con frecuencia se le denominan glomérculos, lotes de semilla o semilla multigérmén.

El fruto contiene de 2 a 6 semillas muy pequeñas y en forma de munición o un frijol pequeño, siendo por lo general de color café. .

#### 2.5 Valor nutritivo

Con base en 100 gr de parte comestible, en el cuadro se proporciona la concentración de los siguientes compuestos orgánicos y minerales en betabel.

**Cuadro 3.** Concentración de los compuestos orgánicos y minerales en betabel.

Agua.....	89.0%
Proteína.....	5.4 gr
Carbohidratos.....	6.3 gr
Ca.....	92.0 mg
P.....	146.0 mg
Fe.....	2.4 mg
Ácido ascórbico.....	34.0 mg
Vitamina A.....	80 U.I.*

\*Unidad Internacional (U.I.) de vitamina A es equivalente a 0.3 mg de vitamina A en alcohol.

Fuentes P.I. White y N. Selvery;2) B.K. Wall y A.I. Menrill.

Comparado con la acelga y la espinaca, el betabel contiene menor concentración de minerales y vitamina A; sin embargo, su contenido de proteína y carbohidratos es mucho más alto que el de aquellas dos plantas.

El betabel es un alimento de moderado contenido calórico, ya que tras el agua, los hidratos de carbono son el componente más abundante. Es buena fuente de fibra. De sus vitaminas destaca los folatos y ciertas vitaminas del grupo B, como B1, B2, B3 y B6. Por el contrario, la remolacha es, junto con la berenjena o el pepino, una de las verduras con menor contenido en provitamina A y en vitamina C. Los folatos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y en la formación de anticuerpos en el sistema inmunológico. La vitamina B2 o riboflavina se relaciona con la producción de anticuerpos y de glóbulos rojos y colabora en la producción de energía y en el mantenimiento del tejido epitelial de las mucosas, mientras que la niacina o vitamina B3 colabora en el funcionamiento del sistema digestivo, el buen estado de la piel, el sistema nervioso y en la conversión de los alimentos en energía (Asgrow S.a. 2000).

## **2.6 Requerimientos de clima.**

El clima, es uno de los principales factores que inciden directamente sobre el rendimiento. Un clima templado, soleado y húmedo contribuye a la producción de un elevado porcentaje de carbohidratos y nutrientes en el betabel. En este cultivo es muy importante la intensidad de iluminación, ya que permite una adecuada utilización de la fotosíntesis. (Arrais, 2001).

### **2.6.1 Temperatura.**

El clima, es uno de los principales factores que inciden directamente sobre el rendimiento. Un clima templado, soleado y húmedo contribuye a la producción de un elevado porcentaje de carbohidratos y nutrientes en la remolacha. En este cultivo es muy importante la intensidad de iluminación, ya que permite una adecuada utilización de la fotosíntesis. (Arrais, 2001).

La temperatura de germinación es de 10° a 30° C, y empieza a germinar a los 5° o 6° C, siendo la óptima entre 20° y 25° C. la temperatura de desarrollo es de 16° a 21° C, presentando una mejor coloración y un buen contenido de azúcar (Thompson y Kelly, 1959). A temperaturas de 4° a 10° C y transcurridos 15 días empieza a florear, presentando floración completa durante un mes (Yamaguchi, 1983; Guenko, 1983).

Esta hortaliza tolera heladas, pero a temperaturas altas (>25°C) se forman anillos concéntricos de color blanco en el hipocotilo (indeseable), lo que repercute en un menor contenido de azúcar. Thompson y Kelly (1959) mencionan que un alto contenido de azúcar en la parte comestible con un buen color no guarda relación alguna; sin embargo, cuando se presenta un color pobre con bajo contenido de azúcar si existe relación.

### **2.6.2 Humedad**

El betabel requiere cierta humedad en el ambiente y en el suelo pero no en grado excesivo (Tiscornia, 1976).

Juscofresca (1976) reporta que respecto al clima, si bien vegeta en los templados secos y algo caluroso, se desarrolla mejor en los fríos, aunque sean húmedos y brumosos. La planta en sus principios es muy sensible al frío y la raíz fácilmente afectada por las heladas, lo que obliga a tomar las precauciones pertinentes.

## 2.7 Requerimientos de suelo y fertilización

El betabel es sensible a pH ácidos y se desarrolla mejor en suelos neutros y alcalinos, prefiriendo pH de 6.5-7.5, aunque algunas veces a pH mayores de 7.6 se puede presentar deficiencia de boro.

El betabel está clasificado como una hortaliza altamente tolerante a la salinidad, alcanzando valores de 6400 ppm a 7680 (10 a 12 mmho) (Richards, 1954; Mass, 1984). En cuanto a textura, se desarrolla mejor en suelos ligeros (arenosos), pues en suelos arcillosos se deforma la parte comestible.

De acuerdo con la relación entre el rendimiento y la planta (parte comestible y follaje), se reporta que el betabel extrae del suelo las siguientes cantidades de los principales nutrientes.

**Tabla 2.** Cantidades de los principales nutrientes del suelo que extrae el betabel.

Parte de la planta	Rendimiento X (ton/ha)	N	P	K	Ca
		Kg/ha			
Raíz	22.4	73.92	8.96	89.6	4.48
Follaje	14.56	96.32	...	60.48	107.52

Fuente: O.A. Lorenz (citado por Knor, 1981)

En cuanto a fertilización, se recomiendan dos fórmulas generales según el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (hoy INIFAP).

80-40-0

120-60-0

Se sugiere fraccionar el nitrógeno en dos aplicaciones, pues se reporta que altas concentraciones de este gas disminuyen la coloración del betabel.

Agricultura de las Américas (2000), indica que el cultivo del betabel requiere una cantidad de agua durante su ciclo agrícola que oscila entre 500 a 750 mm y se reporta un promedio de 8 a 12 riegos durante todo su ciclo, recomendándose disminuir dichos riegos durante el desarrollo de sus raíces con el objeto de concentrar más azúcares.

## **2.8 Cosecha**

En lo referente a esta actividad, se utilizan dos indicadores de cosecha: uno que implica conocer el diámetro de la parte comestible y otro es el tiempo en días, el cual depende del tipo de cultivar, ya que estas pueden ser precoces, intermedios o tardíos.

- Diámetro. El betabel se cosecha cuando presenta un diámetro promedio de 8-10 cm.
- Tiempo. 60-80 días para cvs, precoces, 80-100 días para cvs; intermedias, 100-110 días para cvs tardíos.

## **2.9 Funciones de los nutrimentos N, P y K en las plantas**

Ortiz, (1997) dice que el suministro adecuado de los elementos minerales es necesario para la máxima producción agrícola, pero estos elementos por si solos no son garantía de cosecha abundante por el posible efecto limitante de otros factores que influyen en el crecimiento de la planta.

### **2.9.1 Nitrógeno.**

Domínguez Vivancos (1978), indica que la importancia del nitrógeno en las plantas queda suficientemente probado, se sabe que participa en la composición de las más importantes sustancias orgánicas, tales como clorofila, aminoácidos, proteínas y ácidos nucleótidos. El nitrógeno es muy móvil dentro de la planta.

Tisdale y Nelson (1991) reportan que un adecuado suministro de nitrógeno está asociado con vigorosos crecimientos vegetativos y un intenso color verde. Cantidades excesivas de nitrógeno pueden prolongar el periodo de crecimiento y retrasar la madurez.

Masson, *et al.*, (1991) mencionan que han observado que plántulas sobrefertilizadas de N incrementan su succulencia y se rompen fácilmente cuándo se trasplantan.

### **2.9.2 Fósforo.**

Las plantas absorben el fósforo (P) en forma de fosfatos inorgánicos, principalmente como aniones  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{HPO}_4^{2-}$ , no obstante, la planta puede también, a través de sus enzimas, desprender los grupos fosfatos de los

compuestos orgánicos y posteriormente absorberlos. Este elemento, a diferencia del nitrógeno o el azufre, no es reducido en la planta al ser asimilado por ella, sino que es incorporado a los compuestos orgánicos en su mismo estado de oxidación (Alcántar y Trejo- Téllez, 2007).

### **2.9.3 Potasio.**

El potasio es absorbido como ion K. la forma asimilable para las plantas del total del potasio es generalmente pequeña. A diferencia de otros elementos no forma parte de los componentes de la planta. Sus funciones son más bien de naturaleza catalítica. El potasio se enlaza iónicamente a la piruvato quinasa que es esencial en la respiración y en el metabolismo de carbohidratos. Es un constituyente de la fotosíntesis bajo condiciones de baja intensidad (Bidwell, 1979; Tisdale y Nelson, 1991; Wallace, 1961).

## **2.10 Cultivos bajo condiciones protegidas**

Las plantas están expuestas constantemente a estrés ambiental, tanto en ambientes protegidos como desprotegidos. El estrés es generado por factores bióticos (arvenses, patógenos e insectos fitófagos), factores climáticos (temperatura, humedad relativa, precipitación, viento, radiación, etc.), procesos ecológicos (migraciones, inmigraciones, perturbaciones) e interacciones ecológicas (competencia, mutualismo, amensalismo, etc.). Por ello, en muchos casos, el estrés se mide con relación a la supervivencia de la planta, el rendimiento del cultivo, el crecimiento (acumulación de biomasa) o los procesos de asimilación primaria (fijación de CO<sub>2</sub> o minerales), que están relacionados con el crecimiento (Taiz y Zeiger, 2006).

Los cultivos a campo abierto se establecen porque generalmente el clima es favorable para la especie y no requiere de gran inversión estructural, sin embargo, su exposición a variaciones climáticas e impactos climáticos es alta (FAO y PESA, 2007; Castellanos, 2009). Para proteger y reducir el impacto del clima en los cultivos, la agricultura ha desarrollado técnicas y estructuras (acolchados plásticos, mallas cortaviento y de polisombra, invernaderos, microtúneles, macrotúneles, entre otros), que minimizan el efecto del viento, granizo, lluvia y temperatura. Además de ello protegen el suelo y procuran el buen uso del agua (FAO y PESA, 2007). Este tipo de estructuras son recomendables, porque son fáciles de instalar, tienen buena adaptación topográfica, una vida útil de hasta 10 años, resistentes a los vientos, aumentan la humedad relativa y reducen la pérdida de agua por evapotranspiración. La desventaja de estos es que puede favorecer el desarrollo de plagas por el aislamiento de factores climáticos como la lluvia y altas temperaturas (Flórez y Mora, 2010) y la pérdida de calor puede ser más rápida en la noche (FAO y PESA, 2007).

### **2.11 Horticultura protegida**

La horticultura protegida es un sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento. Las ventajas de este sistema son claramente superiores a los tradicionales pues se obtiene mayor calidad, mejores precios de venta y sobre todo mayores niveles de inocuidad. Por otro lado, la horticultura protegida

también es una actividad que genera gran cantidad de empleos en el país y contribuye a sustentar y fomentar un desarrollo agroindustrial.

### **2.11.1 Desarrollo de la horticultura protegida en México.**

En México, este sistema de producción se ha venido desarrollando bajo condiciones muy heterogéneas, desde costosos invernaderos de vidrio, con muy elevadas inversiones que superan los 100 U\$\$/m<sup>2</sup>, hasta económicas instalaciones como las denominadas “casas sombras” con costos de 4 a 7 U\$\$/m<sup>2</sup>. Hasta 2008 la superficie de invernaderos, incluidas las casas sombras ascendía a aproximadamente 8,934 ha. Las primeras instalaciones comerciales iniciaron en 1990, sin embargo fue hasta la pasada década que se dio el franco crecimiento de esta industria. Las mayores tasas de crecimiento se dieron durante 2004 y 2005, y fueron cercanas al 20%. Hoy en día se siguen registrando crecimientos importantes de esta industria. Los estados con mayor superficie de producción de condiciones protegidas son Sinaloa, Baja California Sur y Jalisco, además de la zona centro del país ahora con gran importancia en este sistema de producción. Por otro lado, los cultivos con mayor superficie en estos sistemas, en orden de importancia son tomate, pimiento y pepino. (Intagri)

### **2.12 Túneles.**

El forzado mediante túnel consiste en cubrir el cultivo, fundamentalmente durante sus primeras fases vegetativas, con una sencilla construcción de forma más o menos semicircular, formada por unos pequeños arcos y una cubierta constituida por una lámina de plástico (Robledo y Martin 1981).

Estos mismos autores mencionan que la protección de cultivos con túneles de plásticos producen unos efectos ventajosos para los cultivos por la protección que les da durante las horas más frías del día. La eficacia de esta aplicación radica en el pequeño efecto invernadero que produce el túnel y que será mayor a medida que aumenta la dimensión del túnel.

Los efectos benéficos de los túneles repercute en el desarrollo, la precocidad, rendimiento y calidad de las cosechas que vienen influenciados por el incremento de temperatura que se produce bajo la cubierta (Díaz, 2001).

#### **2.12.1 Ventajas:**

- a) Proporciona conseguir frutos fuera de la época normal de producción.
- b) Protege la cosecha de los fríos, heladas, etc.
- c) Mantiene el terreno con una buena temperatura, lo cual facilita un mayor desarrollo de la parte radicular de la planta.
- d) Permite obtener cosechas precoces y de gran calidad.
- e) Aumenta considerablemente los rendimientos de las cosechas.
- f) Favorece el rápido crecimiento de los cultivos.

(Robledo y Martin, 1981)

#### **2.12.2 Desventajas:**

- a) Los túneles no son estructuras que resistan movimientos fuertes.
- b) Propician el rápido crecimiento de las malas hierbas, cuando no se usa acolchado de suelo opaco.

Antes de la instalación de un túnel, se deben realizar labores de preparación, prestando especial atención a que los suelos estén bien nivelados, ya que además de evitar los encharcamientos y un mejor control de la humedad relativa, se facilitan las labores de instalación del mismo. (Castaños, 1993)

### **2.13 Importancia de los invernaderos**

El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de calidad y mayores rendimientos en cualquier momento del año a la vez que puede alargar el ciclo del cultivo, al permitir producir en las épocas del año más difíciles y obtener mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación agrícola como en sistemas de riego localizado, lo que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y en la calidad de la producción final, derivado de la protección contra ciertos agentes devastadores (sequias, heladas, vientos, polvos, granizos, etc.) (Robledo y Martín, 1981)

### **2.14 Factores ambientales y su influencia en desarrollo de los cultivos bajo invernadero.**

Los principales factores que intervienen en el desarrollo de los cultivos, mismos que se pretenden controlar mediante el uso y manejo de invernaderos, son: la luz, la temperatura, la humedad relativa y el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos elementos son dependientes entre sí, cuando se modifica uno de ellos los otros también son afectados.

### **2.14.1 Luz.**

Bajo condiciones de invernadero es mejor maximizar la iluminación natural con atención cuidadosa a la cubierta, al diseño y orientación óptima y los cultivos dentro del mismo, ya que la productividad está fuertemente influenciada por la cantidad de luz que se recibe o se transmite. (Moens, 1991; Cockshull *et al.*, 1992; Kinet y Peet, 1997).

Los procesos ecológicamente significativos, en los que hay respuesta o control por señalización de luz son: la germinación de semillas, etiolación fotoformación y establecimiento de plántulas, percepción de proximidad y evitación de sombra, aclimatación fotosintética a sombra vegetativa y a alta irradiación, respuestas trópicas de desarrollo de cloroplastos, crecimientos de tallos, pigmentación, apertura estomática, inducción a floración y tasa de floración, senescencia, inducción de dormancia de yemas y tuberización. (Smith, 1995; citado por Flores, 1996).

### **2.14.2 Temperatura.**

No es factor que suministre directamente energía ni constituyentes para el crecimiento, pero influye en primer lugar la velocidad de las reacciones químicas. Controla el desarrollo de las plantas, incluyendo los procesos morfogénicos de diferenciación. Estos aspectos, convierten a la temperatura en el factor más importante en el control del crecimiento (Guzmán, 2000).

### **2.14.3 Humedad relativa.**

Dentro del invernadero interviene en varios procesos, como el amortiguamiento de los cambios de temperatura, el aumento o disminución de la transpiración, en el crecimiento de los tejidos, en la viabilidad del polen para obtener mayor porcentaje de fecundación del ovario de las flores y en el desarrollo de enfermedades. Cuanto más húmedo este el ambiente, menos posibilidades hay de aumentar la evaporación y la transpiración de las plantas, a no ser que aumente la temperatura del ambiente. A mayor temperatura dentro del invernadero menor humedad relativa. A menor humedad relativa mayor consumo de agua. Cuando la transpiración es intensa, como consecuencia de la falta de humedad en el ambiente o por las altas temperaturas, puede haber más concentración de sales en las partes donde se realiza la fotosíntesis y quedar disminuida esta función (Serrano, 1994)

### **2.14.4 Radiación**

Se entiende la energía emitida por un cuerpo bajo, la forma de ondas electromagnéticas. La temperatura del cuerpo determina la cantidad de energía emitida, así como la longitud de onda. La radiación solar que llega a la superficie terrestre se encuentra comprendida entre 300 y 3000 nm de longitud de onda. En este intervalo podemos individualizar cuatro regiones fundamentales: la región de los ultravioletas (UV<400nm), la del visible (VIS entre 390 y 750nm) y la del infrarrojo cercano (NIR), entre 780 y 3000 nm. En la VIS, que comprende casi el 50% de la radiación global (RG) podemos distinguir la banda entre 400 y 700 nm, que corresponde a la radiación fotosintéticamente

activa (RFA) y en términos energéticos acerca del 45% de la RG (Tognoni, 2000).

De un valor de 100% de la radiación externa, solo del 65 al 70% logra penetrar en el interior del invernadero, mientras que el resto es reflejado y absorbido por el techo o cobertura y por la estructura de soporte. De la radiación interna, entre el 10 y 20% es reflejada por el cultivo (Guzmán 2000; Tognoni, 2000).

Las plantas responden no sólo a la cantidad de radiación disponible (intensidad), sino también a su duración (fotoperiodo) y su calidad. La RFA es importante para el proceso fotosintético e influye en la morfogénesis desde el punto de vista del fotoperiodismo, de aquí que las radiaciones que nos interesan se encuentran comprendidas entre los 650-655 nm R/FR (rojo lejano) (Guzmán, 2000; Tognoni, 2000c).

La primera respuesta a cambios en el ambiente de la radiación es la producción de hojas nuevas y estructuralmente alteradas en su anatomía foliar, particularmente su densidad estomática, el grado y forma de los espacios aéreos del mesófilo que afectan la resistencia al intercambio gaseoso y limitan la asimilación fotosintética, además, se altera el contenido y distribución de pigmentos, lo cual determina la eficiencia de la captura de luz por las hojas e influyen en la fotosíntesis (Lee *et al.*, 2000).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización del área de estudio.**

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de Entrenamiento sobre Agricultura Orgánica Biointensiva “Antonio Narro”, del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, Saltillo; Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud 25° 22' 41" N, longitud 101° 00' 00" W, y una altitud de 1743msnm.

#### **3.2 Características ambientales del área de estudio.**

El clima es seco y templado con lluvias en verano, principalmente. La temperatura media anual es de 17.8°C con una oscilación media anual de 10.4°C. Los meses más cálidos son Junio, Julio y Agosto con temperaturas máximas de hasta 37°C. Durante Diciembre y Enero se registran las temperaturas más bajas hasta -10°C, con heladas regulares en el periodo de diciembre a febrero. La precipitación media anual es de 370mm. Los meses más lluviosos son Julio, Agosto y Septiembre; las lluvias en invierno son moderadas. Lo anterior da como resultado un 64.8% de humedad relativa media anual que se distribuye desigualmente; el verano es la estación de mayor humedad relativa, el invierno y primavera de mayor sequía.

(<http://wwis.inm.es/179/c01296.htm>)

### **3.3 Establecimiento del experimento.**

El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano del 2014. La siembra se realizó en charolas el día 3 de Marzo del 2014, la preparación del sustrato se realiza mezclando peat moss y perlita con una pala, a la vez se le va agregando agua hasta darle el punto de humedad. Se prosigue con el llenado de charola que consiste en agregar el sustrato previamente húmedo, la profundidad de siembra se hace con el criterio dos veces el tamaño de la semilla, se va depositando una semilla por cavidad y se cubre con el sustrato, se le da un riego ligero. La charola se mantuvo bajo condiciones de invernadero para su germinación y crecimiento de plántula. El material vegetativo utilizado fue el híbrido Boro F1.

La preparación de las camas se realizó de forma manual usando herramientas agrícolas. Se empieza removiendo el terreno para exponer posibles plagas al sol y romper capas duras de suelo. Después se delimita la superficie de las camas, quedando de la siguiente manera: camas de 7m de largo con 0.7m de ancho.

El transplante de plántulas se realizó los días 31 de marzo y 1 de abril del 2014, la distancia entre planta fue de 15 cm a doble hilera quedando de la siguiente manera: 80 plantas/cama de 7m<sup>2</sup>.

### **3.4 Tratamientos de Fertilización.**

Se evaluaron las dosis de NPK, 80-40-0, 80-40-80, 100-50-0, 100-50-100, 120-60-0 y 120-60-120.

Se aplicó el 100% del fósforo, 50% de nitrógeno y el 50% de potasio, antes del trasplante (31 de marzo y 1 de abril del 2014). Aplicándole el otro 50% del nitrógeno y el otro 50% de potasio el día 7 y 8 de mayo del 2014; utilizando como fuente de nitrógeno y fósforo, el fosfato de amonio monoamónico y el sulfato de amonio, y como fuente de potasio el sulfato de potasio.

Se tuvieron 3 camas (repeticiones) por tratamiento, en un diseño completamente al azar.

### **3.5 Tratamientos de protección ambiental**

El cultivo se estableció bajo cuatro condiciones ambientales:

- Cultivo a campo abierto (testigo).
- Cultivo bajo macrotúnel, con cubierta de plástico y malla sombra negro (macrotúnel negro).
- Cultivo bajo macrotúnel, con cubierta de plástico y malla sombra azul (macrotúnel azul).
- Cultivo bajo microtúnel, con cubierta de plástico y malla sombra negra (microtúnel negro)

Los macro y micro túneles contaban con cubiertas de plástico para invernadero calibre 6000, además de una malla sombreadora con 50% de sombreado la cual estaba sobre el plástico.

No fue posible establecer los 6 tratamientos de fertilización en las cuatro condiciones de cultivo, por lo que al final se tuvieron 12 tratamientos.

**Tabla No. 3** Tratamientos de estudio de investigación.

Tratamiento	Dosis de Fertilización	Condiciones ambientales
1	80-40-0	Campo abierto
2	80-40-80	Campo abierto
3	100-50-0	Campo abierto
4	100-50-100	Campo abierto
5	120-60-0	Campo abierto
6	120-60-120	Campo abierto
7	80-40-0	Macro azul
8	80-40-80	Macro azul
9	120-60-0	Macro negro
10	120-60-60	Macro negro
11	100-50-0	Micro negro
12	100-50-100	Micro negro

### 3.6 Manejo del cultivo

El riego se aplicó 2-3 veces por semana, utilizando riego por goteo y aplicando una vez una lámina de 2 cm y un volumen de 15-30 lt/riego.

Se realizaron dos deshierbes manuales y no se requirió aplicar ningún pesticida durante el ciclo.

### **3.7 Condiciones meteorológicas**

En el mes de mayo, en diferente día y hora se tomaron datos de humedad relativa y temperatura con un hidrotermómetro Extech modelo 445702 y radiación con un medidor cuántico de radiación Apogee modelo MQ 100.

### **3.8 Cosecha**

Esta se realizó del 26 al 30 de mayo, se hizo de forma manual utilizando un bieldo. Se empieza cosechando las plantas de cada cama, separando las plantas de cada tratamiento para después pesar en una báscula bulbos y follaje.

### **3.9 Parámetros evaluados.**

- ✓ Peso fresco del follaje. Este se determina utilizando una báscula de reloj.
- ✓ Peso de bulbos. Se determina el peso de 10 piezas por tratamiento en una balanza semianalítica de la marca Scout Ohaus la cual fue previamente calibrada con un standart (pesa certificada de 300 gr.)
- ✓ Diámetro de bulbos. Se mide el diámetro ecuatorial (reportándose el promedio) de 10 piezas por cada tratamiento utilizándose un vernier de la marca Scienceware de capacidad de 150 mm, reportándose el análisis en cm.
- ✓ ° Brix. Se utiliza un refractómetro manual marca Ataggo, calibrado a 20°C en una escala de 0° a 32° Brix. Se coloca una gota de jugo de la muestra y se observa la escala interna reportándose la lectura obtenida. (Se junta repetición 1y2, 3y4, 5y6, 7y8, 9y 10 para realizar muestra compuesta.)

- ✓ Contenido de antocianinas. Se utiliza un método de espectrofotometría, en el cual se pesan 2.5 grs de muestra finamente picada se le agrega solución extractora de betacianinas hasta cubrir la muestra se cubre con papel aluminio y se incuba en refrigeración durante 24 horas, posteriormente se macera, y se lava el tejido con solución extractora de antocianinas, se filtra y finalmente se afora a 100 ml con la misma solución extractora, se lee a una longitud de onda de 525 nm (2ml de muestra más 1 ml de peróxido de hidrogeno, se junta repetición 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6, 7 y 8, 9 y 10 para realizar muestra compuesta).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 Condiciones Meteorológicas.

###### 4.1.1 Radiación

En la tabla 4 se puede observar que se presentó mayor radiación en el cultivo establecido en campo abierto con 2010 micromoles/m<sup>2</sup>/s, registrándose la menor radiación en el macro túnel (negro).

Es claro que bajo el macrotúnel azul se obtiene una buena radiación para la fotosíntesis, pero probablemente no bajo el macrotúnel negro y bajo el microtúnel lo cual pudo haber determinado los efectos que veremos más adelante.

**Tabla 4.** Radiación registrada en diferentes días y horas, bajo las diferentes condiciones de cultivo del betabel.

<b>Día y hora</b>	<b>Campo abierto</b>	<b>Macrotúnel azul</b>	<b>Macrotúnel negro</b>	<b>Microtúnel negro</b>
<b>10/05/14 13:00</b>	2010	1050	740	870
<b>10/05/14 14:00</b>	1980	990	715	830
<b>19/05/14 15:00</b>	1874	990	712	713
<b>20/05/14 11:30</b>	1530	770	400	550
<b>20/05/14 15:00</b>	1769	940	657	690
<b>Promedio</b>	1833	948	645	731
<b>% En relación a campo abierto</b>	100%	52%	35%	40%

#### 4.1.2. Temperatura

La temperatura presente dentro las condiciones de cultivo no manifestaron un comportamiento variado entre ellos, siendo 34°C la media. La temperatura registrada en todas las condiciones de cultivo fueron muy similares, ya que los macrotúneles y microtúnel estaban abiertos en ambos extremos, por lo que la ventilación en estos permitía tener condiciones de temperatura muy similar a las condiciones registradas a campo abierto.

**Tabla 5.** Temperatura registrada en diferentes días y horas, bajo las diferentes condiciones de cultivo del betabel.

<b>Día y hora</b>	<b>Campo abierto</b>	<b>Macro azul</b>	<b>Macro negro</b>	<b>Micro negro</b>
<b>10/05/14 13:00</b>	29°C	30.5°C	29.7°C	31.3°C
<b>10/05/14 14:00</b>	34°C	34.6°C	34.4°C	34.3°C
<b>19/05/14 15:00</b>	37.8°C	37.1°C	36.8°C	36.5°C
<b>20/05/14 11:30</b>	32.1°C	32.2°C	32.5°C	32.5°C
<b>20/05/14 15:00</b>	37.8°C	37.5°C	37.2°C	37°C

#### 4.1.3. Humedad Relativa.

En la tabla 6 se nota que en los cuatro ambientes, la humedad relativa presentó una tendencia similar en el tiempo. La humedad relativa promedio durante el periodo del experimento en las condiciones de campo abierto fue 24.6%, macrotúnel (azul) fue 21%, macrotúnel (negro) fue 22.6% y microtúnel (negro) fue 20.8%.

**Tabla 6.** Humedad relativa registrada en diferentes días y horas, bajo las diferentes condiciones de cultivo del betabel.

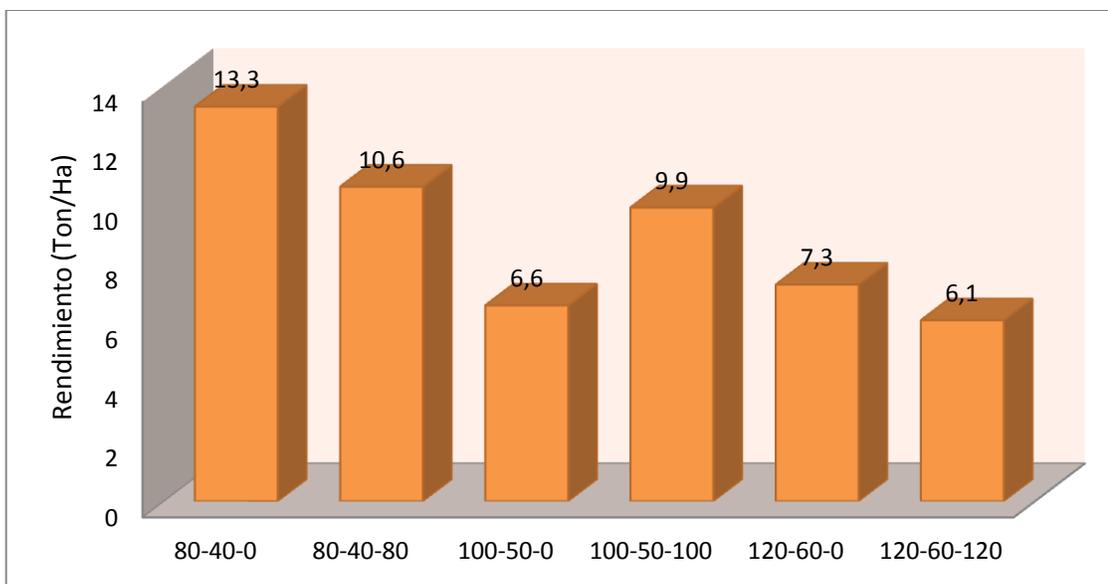
<b>Día y Hora</b>	<b>Campo abierto</b>	<b>Macro azul</b>	<b>Macro negro</b>	<b>Micro negro</b>
<b>10/05/14 13:00</b>	46%	28%	35%	27%
<b>10/05/14 14:00</b>	26%	26%	26%	25%
<b>19/05/14 15:00</b>	16%	16%	17%	17%
<b>20/05/14 11:30</b>	19%	19%	19%	19%
<b>20/05/14 15:00</b>	16%	16%	16%	16%

## **4.2 Rendimiento de bulbos.**

4.2.1 Rendimiento de bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.

En la figura 1, se observa que el mayor rendimiento se obtuvo con las dosis 80-40-0 (13.3 ton/ha), seguido de la dosis 80-40-80 (10.6 ton/ha) y 100-50-100 (9.9 ton/ha), podemos concluir que el Potasio no influye en el rendimiento de bulbos, sin embargo en los tratamientos donde hubo una mayor dosis de Nitrógeno hubo una disminución en el rendimiento, siendo los tratamientos 120-60-120 (6.1 ton/ha) y 100-50-0 (6.6 ton/ha).

La ley del máximo dice que: el exceso de un elemento asimilable en el suelo induce la deficiencia de los otros elementos y por consiguiente disminuye el rendimiento de la cosecha. El Potasio pudo inhibir la absorción de los cationes Ca, Mg y  $\text{NH}_4$  y por eso se redujo el rendimiento, excepto a la dosis de 100-50-100, la reducción en el rendimiento al aumentar las dosis de Nitrógeno, pudiéramos pensar que se debieron a que este estímulo el crecimiento del follaje, pero esto no fue así, como lo podemos ver en la figura 3 del rendimiento del follaje.



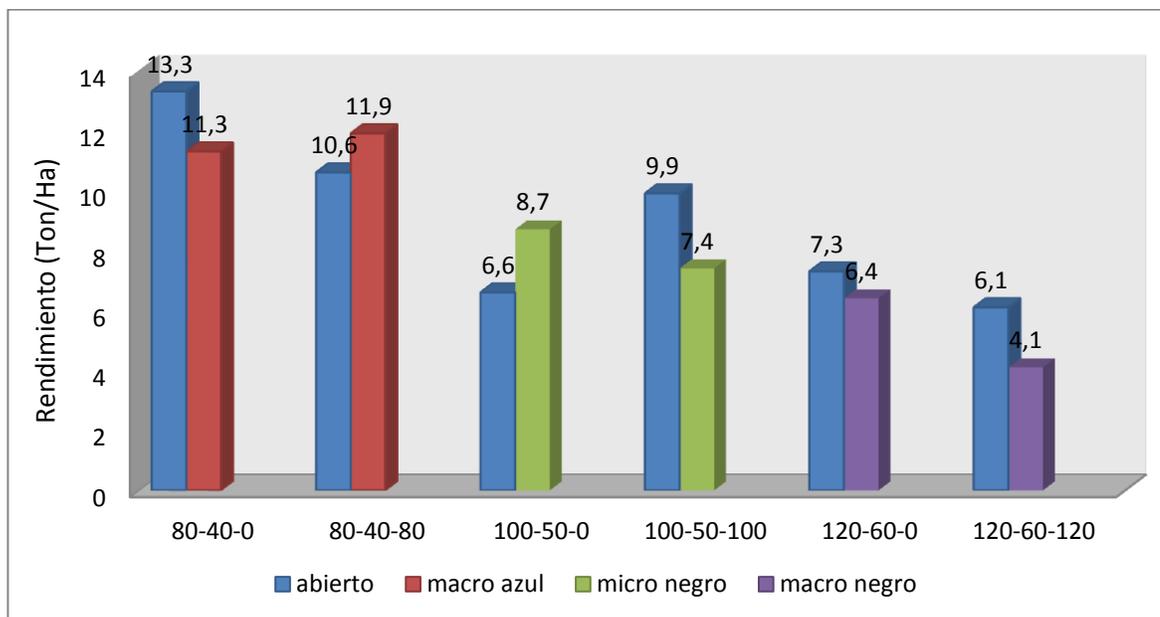
**Figura No. 1** Efecto de la dosis de fertilización sobre el rendimiento de bulbos del betabel híbrido Boro F1, cultivado a campo abierto.

#### 4.2.2 Rendimiento de bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.

Se puede observar en la figura 2, que los tratamientos con condiciones protegidas pueden influir positivamente en el rendimiento de bulbos, en el macrotúnel (azul) con dosis 80-40-80 y en el microtúnel (negro) con dosis 100-50-0, viéndose menos favorecido el cultivo establecido en macrotúnel (negro).

El mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento con dosis 80-40-0 cultivado en campo abierto (13.3 ton/ha), seguido del tratamiento con dosis 80-40-80 cultivado en macrotúnel (azul) con 11.9 ton/ ha, obteniéndose los menores rendimientos en el macrotúnel (negro), en estos se observó que los bulbos eran más pequeños y que estaban muy superficiales al momento de cosecharlos, esto probablemente debido a las condiciones más estresantes de temperatura

bajo estos, que bajo los macrotúneles y a campo abierto, aunque esto no se ve reflejado en los pocos datos registrados de temperatura (Tabla 5).



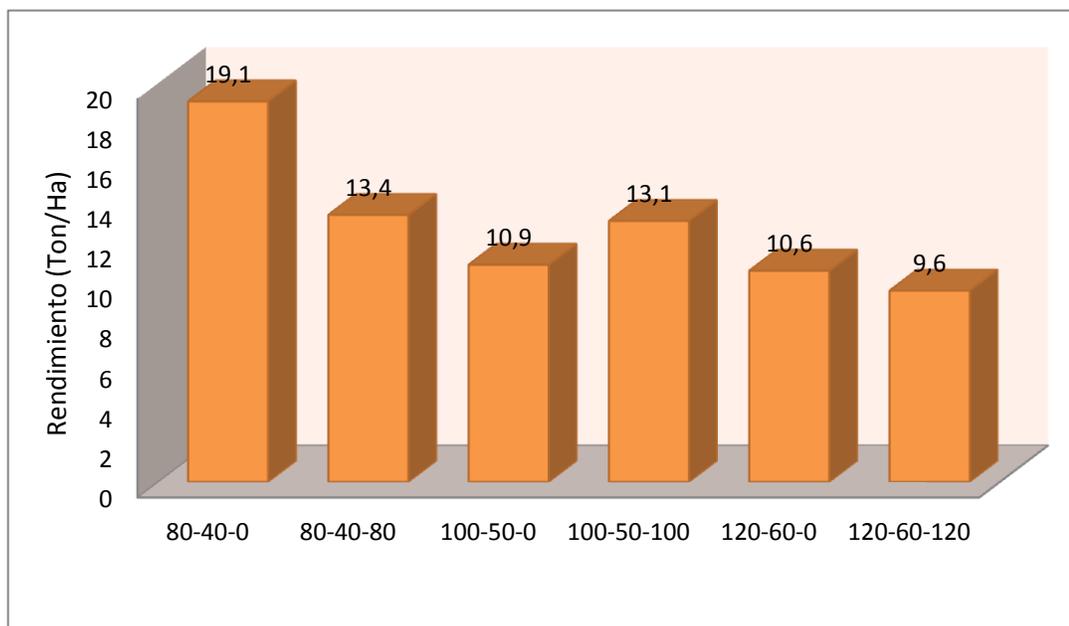
**Figura No. 2** Efecto de las condiciones climáticas sobre el rendimiento de bulbos del betabel híbrido Boro F1, cultivado a campo abierto, macrotúnel (azul), macrotúnel (negro) y microtúnel (negro) con diferentes dosis de fertilización.

### 4.3 Rendimiento de follaje

4.3.1 Rendimiento de follaje con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.

En la Figura No. 3 se puede observar que el rendimiento de follaje más alto (19.1 ton/ha) se logró con la dosis 80-40-0, seguido por la dosis 80-40-80 con 13.4 ton/ha y después la dosis 100-50-100 con 13.1 ton/ha; teniéndose los menores rendimientos con las dosis 100-50-0 con 10.9 ton/ha, 120,60-0 con 10.6 ton/ha y 120-60-120 9.6 ton/ha. Este patrón de comportamiento es similar

al obtenido en el rendimiento de los bulbos, por lo que volvemos a notar que el mayor rendimiento del betabel se obtiene con la dosis 80-40-0.



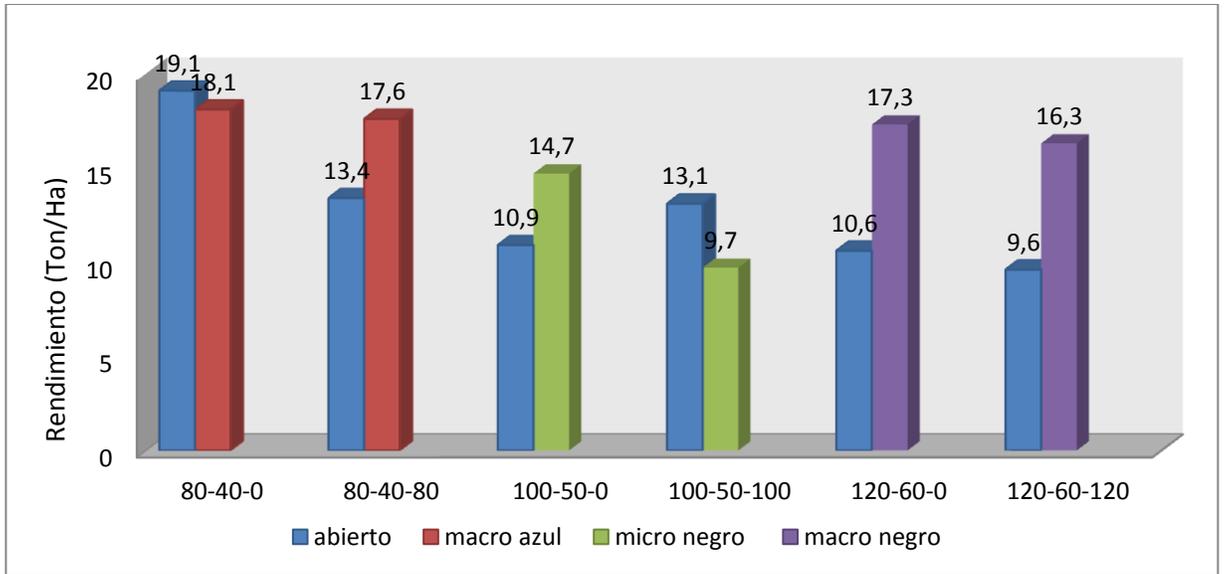
**Figura No. 3** Efecto de la dosis de fertilización sobre el rendimiento de follaje del betabel híbrido Boro F1, cultivado a campo abierto.

#### 4.3.2 Rendimiento de follaje con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.

En la figura No. 4 se puede observar que el rendimiento del follaje se vio más favorecido en campo abierto con la dosis 80-40-0 con un rendimiento de 19.1 ton/ha, seguido del macrotúnel con dosis 80-40-0 con 18.1 ton/ha y en macrotúnel negro con dosis 120-60-0 con 17.3 ton/ha.

Los tratamientos de menor rendimiento fueron los microtúneles con dosis 100-50-0 y 100-50-100 con 14.7 ton/ha y 9.7 ton/ha.

Desafortunadamente no podemos comparar el efecto de las tres condiciones de protección sobre el rendimiento de bulbos y follaje entre si ya que utilizamos diferentes dosis de fertilización para cada uno de estos, por lo que en el futuro podríamos compararlos utilizando la mejor dosis de este trabajo que fue la de 80-40-0 algo que no evaluamos pero que notamos al aplicar el riego en los diferentes tratamientos, fue que bajo las tres condiciones de protección, el agua aplicada era menor que a campo abierto, ya que el sombreado reducía la evapotranspiración y mantenía más alta la humedad del suelo. Sin embargo, también notamos que las plantas cultivadas bajo las tres condiciones protegidas tendían a mostrar síntomas de marchitamiento, teniendo suficiente humedad en el suelo, lo cual pudo deberse a la mayor área foliar presentada bajo estas condiciones que las observadas a campo abierto, lo cual hace que la transpiración de las hojas sea más rápida que la absorción del agua por las raíces, teniéndose como resultado el marchitamiento de hojas.



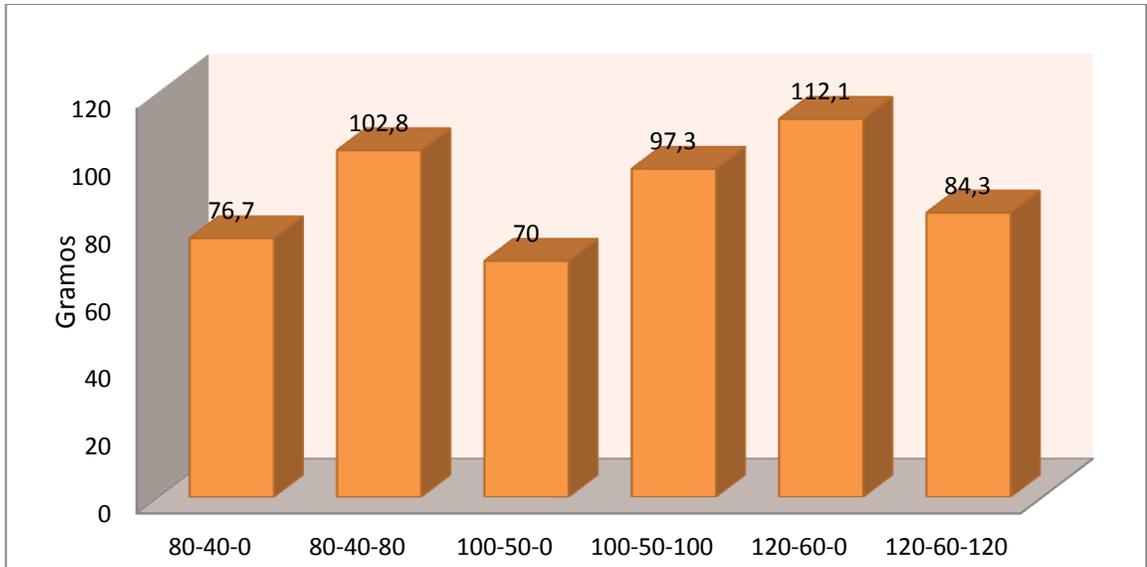
**Figura No. 4** Efecto de las condiciones climáticas sobre el rendimiento de follaje del betabel híbrido Boro F1, cultivado a campo abierto, macrotúnel (azul), macrotúnel (negro) y microtúnel con diferentes dosis de fertilización.

#### 4.4 Peso de bulbos

##### 4.4.1 Peso de bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.

Como se puede observar en la figura 5 el tratamiento con mayor peso, lo obtuvo la dosis 120-60-0 (112.2 gr), seguido de la dosis 80-40-80 (102.8 gr), obteniéndose los menores resultados con las dosis 80-40-0 y 100-50-0 con 76.7 gr y 70 gr respectivamente.

Volosky (1970), considero que el peso de los betabeles referente a su raíz varía desde un 42.3 gramos a unos 89.7 gramos, además, menciona que el peso está relacionado muy dependientemente de la época de siembra, variedad y distanciamiento de siembra.

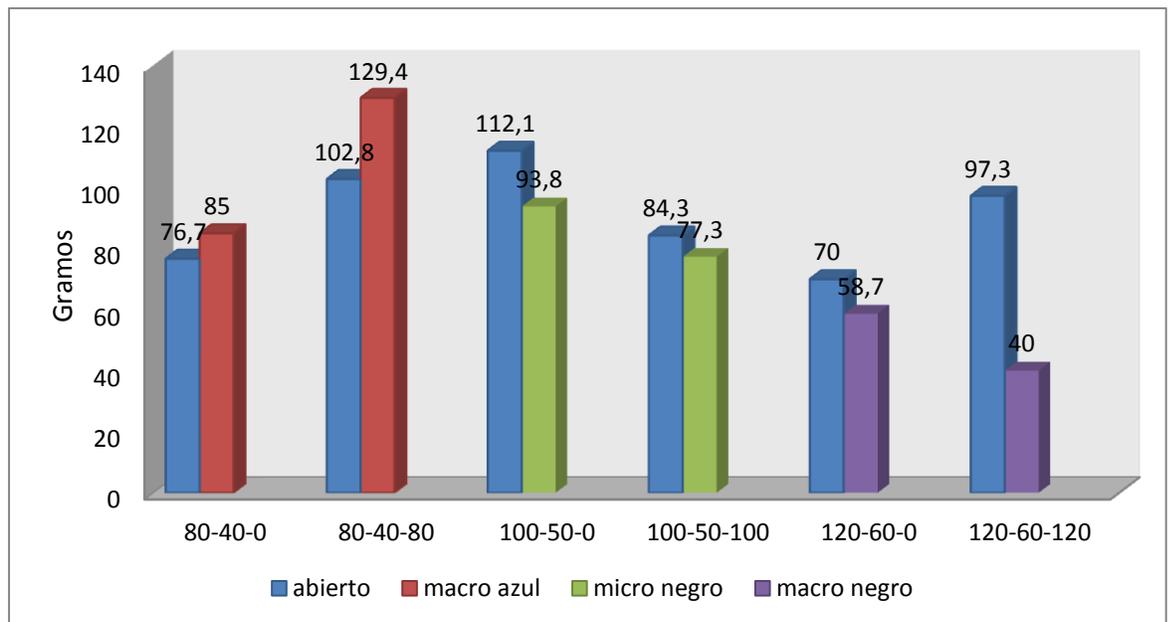


**Figura No 5.** Datos obtenidos del peso (gr.) en el betabel hibrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.

#### 4.4.2. Peso de bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.

Podemos observar en la figura No. 6 que los tratamientos en macrotúnel azul superaron al de campo abierto, con ambas dosis de fertilización (80-40-0 y 80-40-80). El mejor tratamiento fue con la dosis 80-40-80 y cultivado en macrotúnel azul con un peso de 129.4 gr., pero en el macro y micro túnel negro fue donde hubo menor peso de bulbos, con todas las dosis de fertilización, esto pudiera explicarse con la menor radiación recibida por los cultivos bajo estas dos últimas condiciones comparado con la radiación recibida en el macrotúnel azul. En la tabla 4 se puede ver que la radiación bajo el macrotúnel azul es de un 52% de la recibida a campo abierto, mientras que en el macrotúnel negro y microtúnel es de un 35% y 40%, respectivamente. Por lo tanto, a menor

radiación, menor fotosíntesis o menor acumulación de azúcares en los bulbos y menor peso de estos. Esto concuerda con lo citado por Kays (1999), donde dice que una radiación solar baja puede ocasionar frutos más pequeños, por causa de una fotosíntesis deficiente en las hojas cercanos a estos; y en general una coloración deficiente y la reducción del brillo de la piel, como se reporta para las fresas.



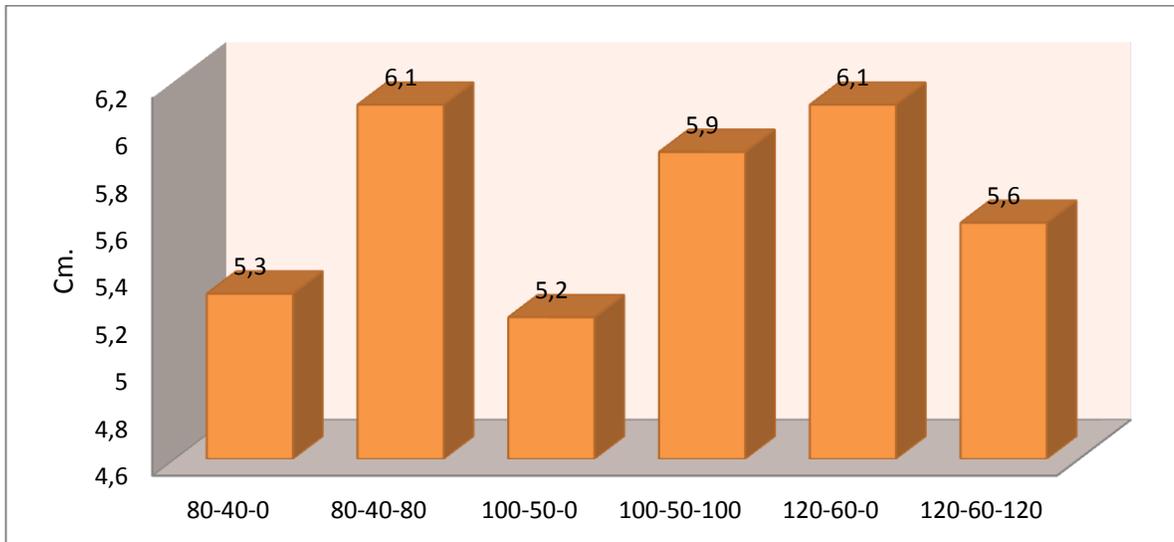
**Figura 6.** Peso de bulbos en el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y cultivado bajo diferentes condiciones climáticas.

#### 4.5 Diámetro ecuatorial de bulbos

4.5.1 Diámetro ecuatorial de bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.

Se puede observar en la figura No. 7 que el diámetro ecuatorial presentó un comportamiento muy similar al observado en el peso de los bulbos (figura 5), notándose un ligero incremento en el diámetro al incorporarse Potasio en los

tratamientos, excepto con la dosis 120-60-120. Obteniéndose el mayor diámetro ecuatorial (6.1 cm) en los tratamientos con dosis 80-40-80 y 120-60-0



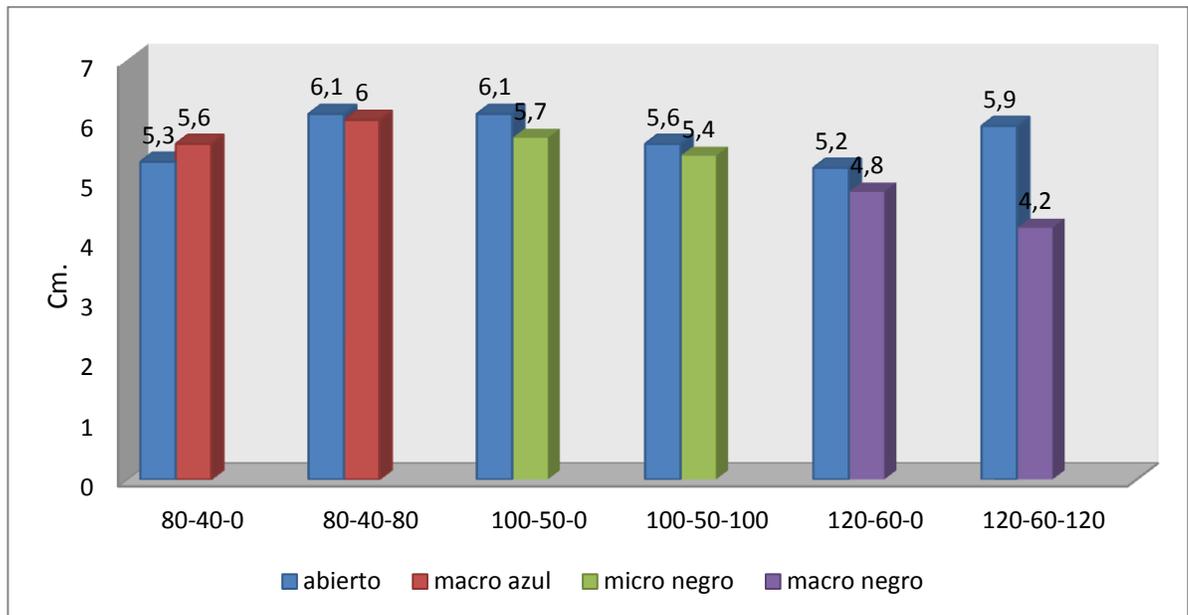
**Figura No 7.** Diámetro ecuatorial de bulbos en el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.

4.5.2 Diámetro ecuatorial de bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.

Se puede observar en la figura No. 8 que el diámetro ecuatorial de los bulbos, al igual que el peso de los mismos, se vio reducido bajo el macrotúnel negro y el microtúnel, mientras que bajo el macrotúnel azul, se observó un ligero aumento con la dosis 80-40-0 y un ligero decremento con la dosis 80-40-80.

Por lo tanto, la respuesta de los cultivos puede estar dado por el porcentaje de sombreado de las cubiertas protectoras, lo cual influye directamente en la fotosíntesis del cultivo.

Shahak *et al.*, (2008) en estudios de mallas fotoselectivas encuentra que la respuesta del rendimiento, producción, tamaño de fruto y calidad de los cultivos hortícolas, ornamentales y frutales, estará dado por las condiciones del exterior y las propiedades del material de cubrimiento.



**Figura No 8.** Diámetro ecuatorial de bulbos en el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.

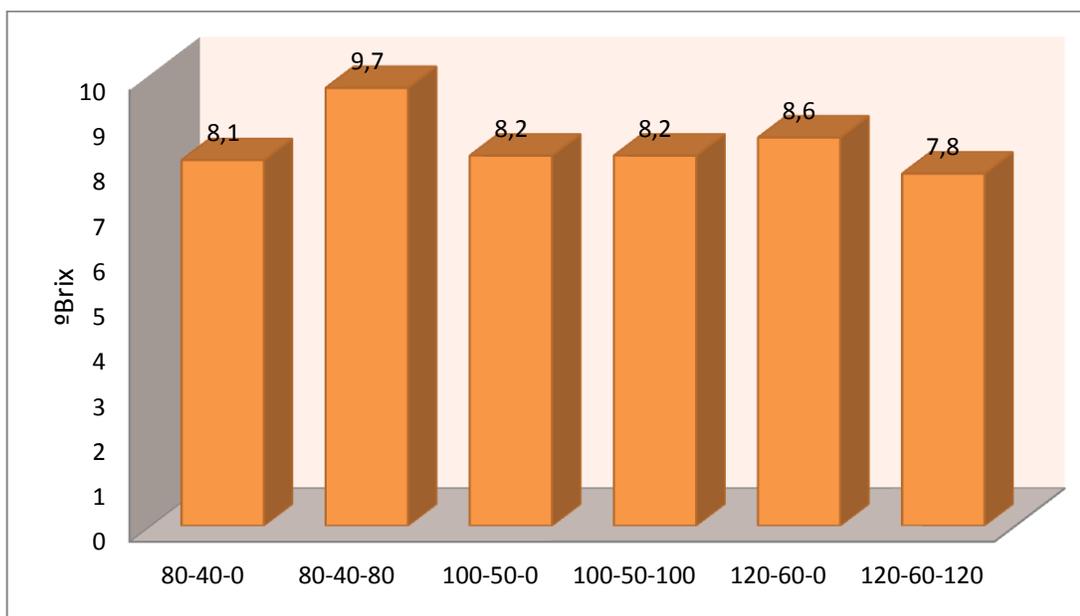
#### 4.6 °Brix de bulbos

4.6.1 °Brix de bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.

Como podemos observar en la figura No. 9 no hay diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor contenido 9.7 mg/100gr se logró con la dosis 80-40-80, el Potasio aumento ligeramente los °Brix con esta dosis,

los mantuvo igual con la dosis 100-50-100 y los redujo ligeramente con la dosis 120-60-120.

La literatura sugiere que el aumento del rendimiento puede afectar negativamente esta característica (grados Brix) disminuyéndola (Chandler *et al.*, 2012). Sin embargo el rendimiento no afecto los °Brix.

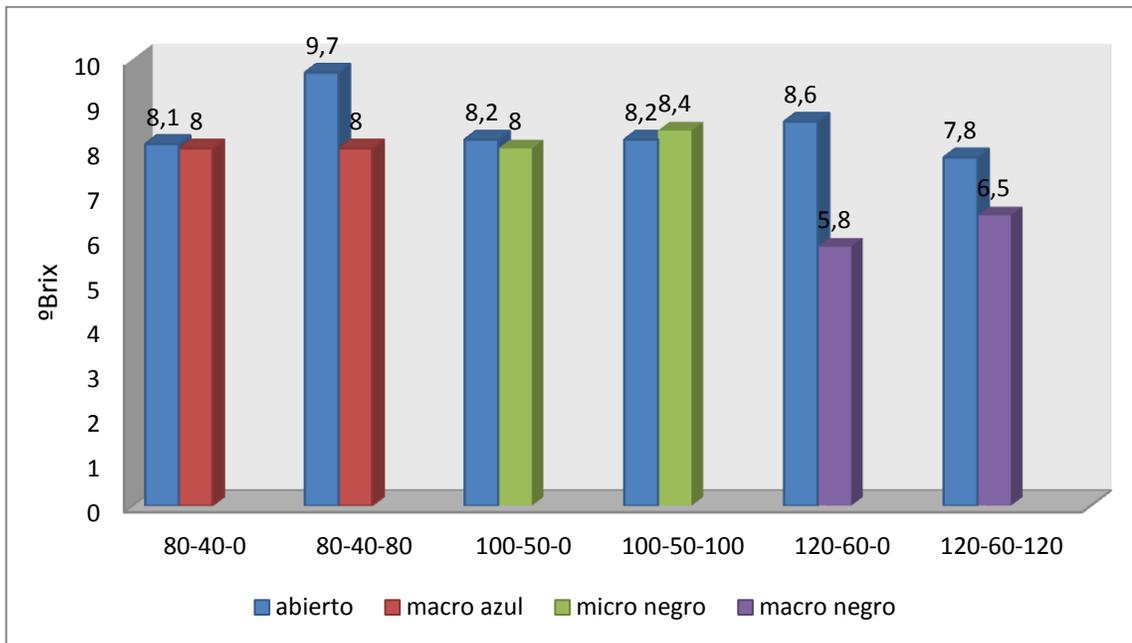


**Figura 9.** °Brix en bulbos el betabel híbrido Boro F1, con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.

#### 4.6.2 °Brix de bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.

Se puede observar en la figura No. 10 que todas las condiciones protegidas, excepto en la dosis 100-50-100 cultivada bajo microtúnel, tendieron a reducir ligeramente los °Brix en los bulbos (figura 10), observándose el efecto más fuerte bajo el macrotúnel negro, donde la menor radiación y la menor

fotosíntesis, incide directamente en la menor acumulación de azúcares en los bulbos. Esto coincide con lo reportado por Flórez (2012) quien menciona que los frutos de las plantas que crecen en lugares más soleados tienden presentar un mejor sabor que aquellas cultivadas con más sombra.



**Figura No 10.** °Brix de bulbos del betabel cultivado con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes dosis climáticas.

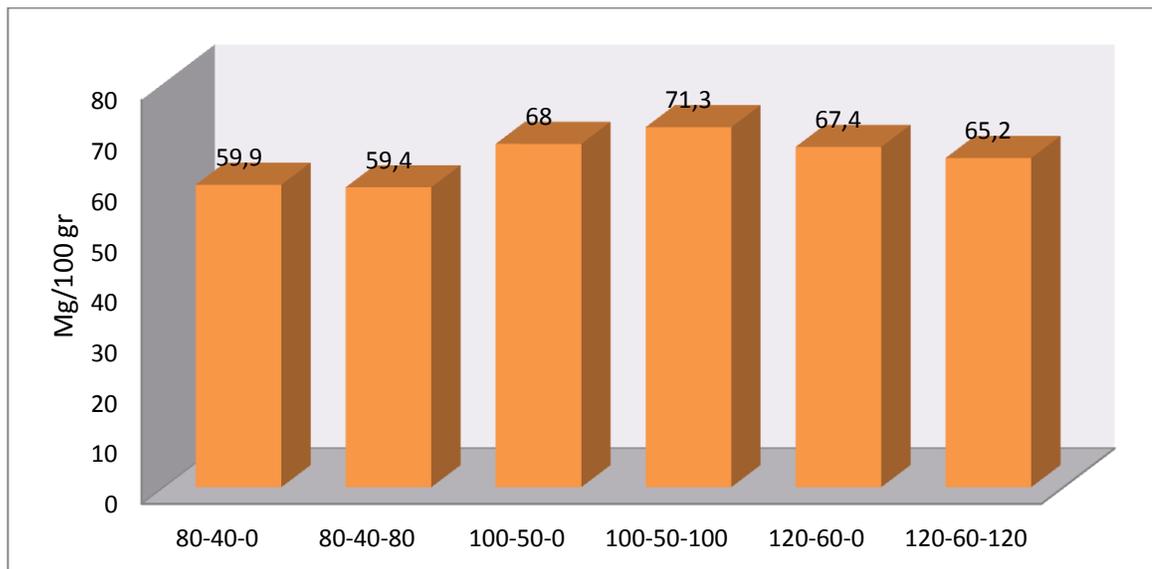
## 4.7 Antocianinas

4.7.1 Contenido de antocianinas en bulbos con diferentes dosis de fertilización y cultivados a campo abierto.

Como podemos observar en la figura No. 11 el contenido de antocianinas en los bulbos se ve ligeramente incrementado al elevar la dosis de Nitrógeno de 80 a 100 kg/ha y se mantiene más o menos estable con la dosis de 120 kg/ha.

El Potasio mejoro el contenido de antocianinas solamente a la dosis de 100-50-100.

Yamaguchi (1983), menciona que el color del betabel puede ser rojo o morado, debido al pigmento denominado betanina o betacianina, que es un compuesto que posee nitrógeno con propiedades semejantes a las antocianinas, coincide con los resultados obtenidos ya que el menor contenido de betacianina se obtuvo con las dosis 80-40-0 y 80-40-80, donde se aplicó una menor dosis de nitrógeno.



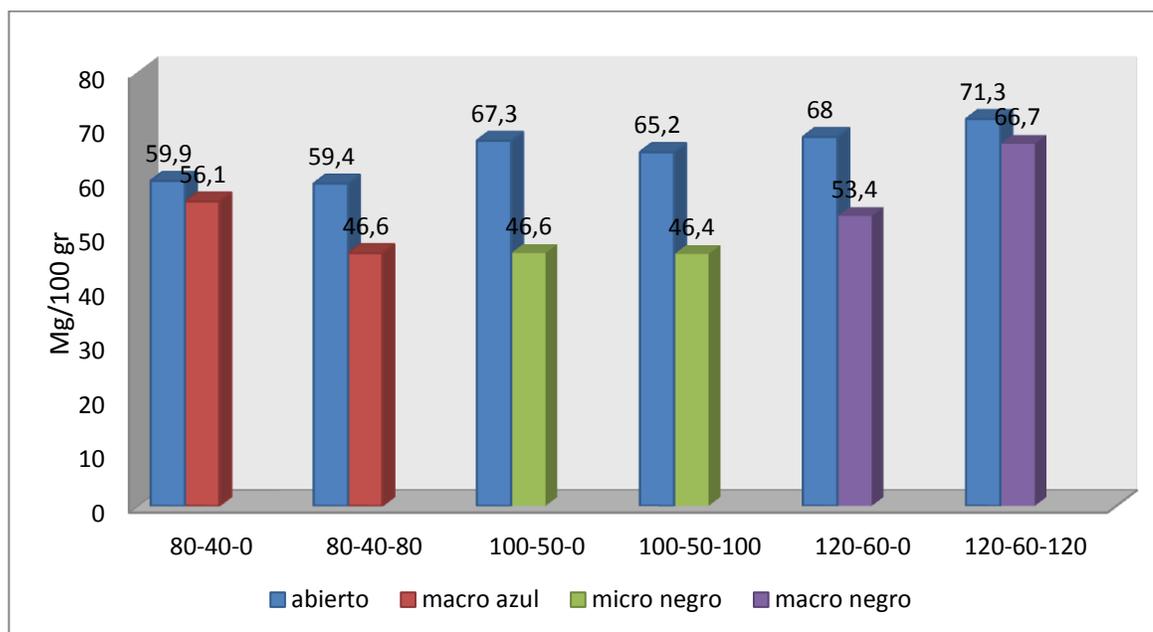
**Figura 11.** Contenido de antocianinas en bulbos de betabel híbrido boro F1 con diferentes dosis de fertilización y cultivado a campo abierto.

#### 4.7.2 Contenido de antocianinas en bulbos con diferentes dosis de fertilización y bajo diferentes condiciones climáticas.

En cuanto al contenido de antocianinas en los bulbos, como podemos observar en la figura No. 12 los tratamientos cultivados en condiciones

protegidas se vieron desfavorecidos, ya que los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos cultivados a campo abierto.

La radiación óptima favorece el color al permitir una síntesis mayor de pigmentos rojos (antocianinas y licopeno); mejorando el índice refractométrico (° Brix), y aumentando el contenido de materia seca y, además, el de ácido ascórbico (Dussi, 2007). Ubi (2004) describe que existe una relación lineal entre la acumulación de antocianinas y la intensidad lumínica, en la cual los carbohidratos juegan un papel clave debido a que proveen el sustrato para la biosíntesis de flavonoides e inducen la expresión de genes implicados en la biosíntesis de antocianinas.



**Figura 12.** Contenido de antocianinas obtenido en tratamientos cultivados en campo abierto y diferentes condiciones climáticas.

## v. CONCLUSIONES

- Al cultivar el betabel a campo abierto, el mayor rendimiento de bulbos y follaje se obtuvo con la dosis de fertilización 80-40-0 a campo abierto, observándose que al incrementar la dosis de Nitrógeno, el rendimiento tendió a reducirse y que el Potasio solo mejoro el rendimiento con la dosis 100-50-100.
- Al cultivar el betabel bajo condiciones protegidas, el rendimiento de bulbos y follaje se vio favorecido bajo el macrotúnel azul y la dosis 80-40-80, así como bajo el macrotúnel negro y la dosis 120-60-0. El cultivo bajo el microtúnel generalmente redujo el rendimiento, comparado con lo observado a campo abierto.
- El peso y diámetro ecuatorial de los bulbos tendió a ser mayor al incrementarse el nivel de Nitrógeno y también al incluirse el Potasio en la fertilización, excepto a la dosis más alta del Nitrógeno (120-60-120).
- Las condiciones de protección por lo general tendieron a reducir el peso y diámetro ecuatorial de los bulbos, excepto bajo el macrotúnel azul, notándose los resultados más drásticos bajo el microtúnel.
- Los °Brix y contenido de antocianinas en los bulbos tendieron a incrementarse al aumentar el nivel de Nitrógeno y en ciertos casos al incluirse el Potasio en las dosis de fertilización especialmente las dosis 80-40-80 y 100-50-100.
- Las condiciones de protección y más especialmente los microtúneles negros, redujeron fuertemente los °Brix y el contenido de antocianinas en

los bulbos, lo cual está relacionado con la menor radiación observada bajo estas condiciones.

- Es importante seguir evaluando el efecto de las dosis de fertilización y el cultivo bajo condiciones protegidas, para encontrar el manejo adecuado utilizando las cantidades optimas de fertilizantes y agua de riego que nos den un buen rendimiento de los cultivos, sin afectar algunas características de calidad de los productos cosechados.

## VI. LITERATURA CITADA

Agricultura de las Américas (2000). Fertilidad, manejo de suelos y nutrición mineral del azufre bajo diversas condiciones de clima, suelo, cultivos y nivel tecnológico de la agricultura andina. Cuadros resumen de los resultados experimentales de campo, invernadero y laboratorio durante la campaña. 152 pp.

Arrais, H. 2001. Informe técnico de la EMBRAPA y observaciones personales a nivel de campo IN Manual de cultivos perennes. Guayaquil, Ec. p 4.

Asgrow S.A. 2000. Reporte agronómico. Investigación de hortalizas al servicio técnico Asgrow Seed Company S.A. Kalamazoo, Michigan, USA. p. 8.

Aylsworth, D. J. 1997. Novedades sobres plásticos. Productores de hortalizas. p.26-28.

Bailey, L.H. 1963. The Standard Ciclopedia of Horticulture Volumen I, Impresión N° 20 USA.

Benton, J. Jr., B. Wolf and H. A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook: A Practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Pub., Inc, 213 p U.S.A.

Chandler, C. K., K. Folta, A. Dale, V. M. Whitaker y M. Herrington. 2012. Strawberries. In: Fruit Crop Breeding. D. Byrne and M. Badenes (Eds.) Springer, New York. In Press. 305-311

- Díaz, S, T. Espi, G, E.; Fontecha, R, A; Jiménez, G J, C.; López, G J.; Salmerón, C,A. 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Edit. Mundi-Prensa.
- Dussi, M.C. 2007. Intercepción y distribución lumínica en agroecosistemas frutícolas. pp. 200- 241. En: Sozzi, G.O. (ed.). 2007. Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Edmond, J.B. *et al*, 1967. Principios de Horticultura. 3ª. Edición. Cía. Editorial Continental, México.
- Escobar, R. 1959 Enciclopedia agrícola y de conocimientos Afines, Tomo I, México.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y PESA (Programa especial para la Seguridad Alimentaria). 2007. Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas. México.  
En:[http://www.utn.org.mx/docs\\_pdf/docs\\_tecnicos/proyectos\\_tipo/invernaderos.pdf](http://www.utn.org.mx/docs_pdf/docs_tecnicos/proyectos_tipo/invernaderos.pdf); consulta: marzo de 2015.
- Flórez, R. y R. Mora. 2010. Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) producción y manejo post cosecha. Primera edición. Produmedios, producción de medios de comunicación, Bogotá. 114 p.

- Gill, N.T. y K.C. Vear, 1965. Botánica Agrícola, Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Guenko, G. 1983. Fundamento de la Horticultura Cubana. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Guzmán, P.M. y A. Sánchez, 2000. Sistemas de producción y tecnología de producción. In: Memoria del curso internacional de ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. Instituto Nacional de capacitación para la productividad agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto. Guadalajara, Jal., México. Pp 64-94
- Jones, G. H. 1992. Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Second edition. Cambridge University Press, 428 p.
- Juscofreca, B. 1976. Cultivos de Huertas, Verduras, Ensaladas, Plantas y Raíces. Editorial Serrohina, Barcelona, España.
- Hill, A.F. 1965. Botánica Económica, Editorial Omega, España.
- Lawdaw, C.F. 1963. Apuntes de botánica Sistemática, Escuela de Agricultura y Ganadería, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, N.L. México.
- Lee, D.W., S.F. Oberbauer, p. Johnson, B. Krishnapilay, M, Mansor, H. Mohamad and S.K. Yap. 2000. Effects of irradiance and spectral quality

on leaf structure and function in seedlings of two Southeast Asian Hopea (Dipterocarpaceae) Species. Amer. J, Bot..87(4):447-445.

Leñano, F. 1972. Como se cultivan las hortalizas de raíz, tubérculo y bulbos, Editorial Vecchi, S.A. España.

Mainardi, F.F. 1978. Hortalizas de bulbo, raíz y tubérculo. Editorial de Vecchi, S.A. Barcelona-España.

Mass, E.V. 1984. Crop Tolerance, En; California Agriculture Vol. 38(10):2021

Monteith, J. L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philos. Trans. R. Soc. London B 281: 277-294.

Monteith, J. L. and M. H. Unsworth. 1990. Principles of environmental physics, Second edition, Chapman and Hall, Inc. 291 p.

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Hand book No.60.V.S.D.A U.S.A.

Robledo, P. F Y V. L Martín, 1981. Aplicación de las plantaciones en la agricultura. Editorial mundi-Prensa. Madrit, compañía. Pag 10-13

Robledo, T. F. y V. L. Martín, 1981. Aplicaciones de los plasticos en la Agricultura. Ed. Mundi-Prensa, Madrid España.

Rodríguez, S.A. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Segunda reimpresión. México, D.F.

- Rodríguez, H. 1988. La Nutrición de Frutales Tropicales. Est. Nac. de Frutales. Conferencia mimiog. 52p.
- Serrano C., Z. 1994. Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- SIAP, 2013. <http://www.siap.gob.mx/betabel/> ; <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Stewart, D. 1975. Semillas, USDA. Compañía Editorial Continental, S.A., México.
- Tamaro, D. 1981. Manual de Horticultura, Editorial Gili, México.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts: pp. 193-219; 539 – 556.
- Tiscornia, J.R. 1976. Cultivo de Hortalizas Terrestres, Bulbos Raíces, etc., Editorial Albatros, Buenos Aires, Argentina.
- Thompson, H. C. and Kelly, W, C. 1959. Vegetable Crops. Fifth Edition. McGraw-Hill Book Co. New York, U.S.A.
- Ubi, B.B. 2004. External stimulation of anthocyanin biosynthesis in apple fruit. Journal of Food, Agriculture and Environment 2(2), 65-70.
- Yamaguchi, Mas. 1983. World Vegetables. Principles, Production and Nutritive Values. AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut U.S.A.