

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**"EFECTOS DE LA NUTRICIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE  
PLANTAS DE *Agave durangensis*"**

**POR:**

**JUAN HERNÁNDEZ MAR**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

ORREÓN. COAHUILA, MÉXICO.

MARZO DEL 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

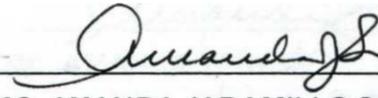
"EFECTOS DE LA NUTRICIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS  
DE *Agave durangensis*"

TESIS PRESENTADA POR:  
JUAN HERNANDEZ MAR

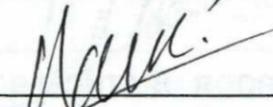
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

COMITÉ EVALUADOR:

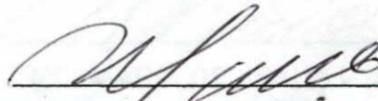
PRESIDENTE:

  
MC. AMANDA JARAMILLO SANTOS

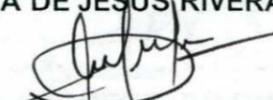
VOCAL:

  
MC. HÉCTOR MONTAÑO RODRÍGUEZ

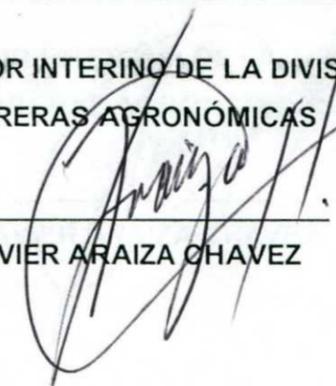
VOCAL:

  
MC. MARÍA DE JESÚS RIVERA GONZÁLEZ

VOCAL SUPLENTE:

  
ING. CÉSAR GUERRERO GUERRERO

COORDINADOR INTERINO DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

  
MC. JAVIER ARAIZA CHAVEZ



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO DEL 2007

INGENIERO AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

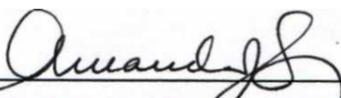
"EFECTOS DE LA NUTRICIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE  
PLANTAS DE *Agave durangensis*" TESIS

ELABORADA POR: JUAN  
HERNÁNDEZ MAR

BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA Y APROBADA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL GRADO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

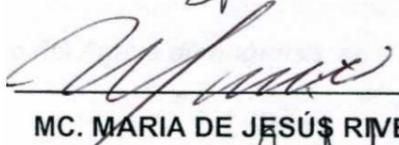
COMITE ASESOR:  
ASESOR PRINCIPAL

  
MC. AMANDA JARAMILLO SANTOS

ASESOR:

  
MC. HÉCTOR MONTAÑO RODRÍGUEZ

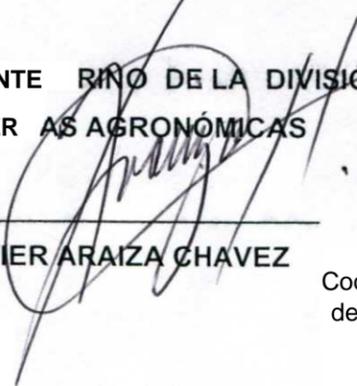
ASESOR:

  
MC. MARIA DE JESÚS RIVERA GONZÁLEZ

VOCAL SUPLENTE:

  
ING. CÉSAR GUERRERO GUERRERO

COORDINADOR INTERNO DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

  
MC. JAVIER ARAIZA CHAVEZ



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

TORREON, COAHUILA, MÉXICO.

MARZO DEL 2007

## INDICE DE CUADROS

**CUADRO 1:** Clasificación taxonómica

**CUADRO 2:** Selección de semillas **CUADRO**

**3:** Tratamientos

**CUADRO 4.** Comparación de medias del peso fresco de las plántulas de *Agave durangensis*.

**CUADRO 5.** Comparación de medias del peso seco de las plántulas de *Agave durangensis*.

## INDICE DE GRAFICAS

**GRAFICA 1.** Peso fresco del *Agave durangensis*

**GRAFICA 2.** Peso seco del *Agave durangensis*

## **DEDICATORIAS**

**A DIOS** por otorgarme el milagro de la vida y darme todo lo que tengo aún sin ser merecedor de ello. Ahora le ruego que no me abandone y me permita, contribuir con los conocimientos adquiridos para mejorar las condiciones alimenticias de la humanidad.

**A MIS PADRES** Juan Hernández Solís y Francisca Mar Hernández, por darme la vida y por que en todo momento me han brindado su apoyo y cariño, por haberse quitado el pan de la boca para que sus hijos no pasaran hambre, en especial yo. Por haberme corregido cuando fue necesario y forjar día a día la persona que ahora soy. Les dedico mi tesis como un triunfo, como un premio que ustedes mismos han ganado, por todo el esfuerzo diario que han hecho.

**A MIS HERMANOS** Flor de Coral y Bernardino, por permitirme ser parte de esta gran familia, por ayudarme en los momentos más difíciles de mi vida, por estar siempre conmigo en la buenas y en las malas dispuestos ayudarme incondicionalmente.

**A MI HIJA** Ariadna Yarezi, por ser el regalo más hermoso que me pudo dar Dios, y por ser la gasolina que hace que funcione mi motor, y así esforzarme cada día más para crearle un futuro prospero y libre de preocupación.

**A LA MADRE DE MI HIJA** María de Jesús García, por haberme dado a una hija tan hermosa.

**A MIS ABUELOS MATERNOS** Bernardino Mar y María Antonia Hernández, por haberme criado desde niño y gracias a sus consejos logre salir adelante.

**A MIS ABUELOS PATERNOS** María Catarina y Feliciano (+), por estar al tanto de mis padres.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A MIS PADRES**, por haberme dado la oportunidad de estudiar y así prepararme en el difícil camino de la vida.

**A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, UNIDAD LAGUNA**, por haberme aceptado en la institución y por ser mi segunda casa, gracias a la oportunidad que me brindo la universidad pude terminar mis estudios profesionales.

**A LA MC. AMANDA JARAMILLO SANTOS**, por haberme apoyado y asesorado en la realización de esta investigación.

**AL MC. HÉCTOR MONTANO RODRÍGUEZ**, por su colaboración en la realización de esta investigación.

**A LA BIOL. MARÍA DE JESÚS RIVERA GONZALEZ**, por su ayuda brindada para realizar los trabajos en el laboratorio.

**AL ING. CÉSAR GUERRERO GUERRERO**, por haber aceptado ser mi asesoren ultimo momento.

### **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE CLASE:**

Jorge Luis Valle García (Zacatecas), Filiberto Martínez Lara (Hidalgo), Emiliano de la Cruz Hernández (Hidalgo), Orado Bustos Vargas (Hidalgo), César A. Desgarenes Camacho (Oaxaca), Julio César Ángeles Valentín (Hidalgo), Mario Camacho Valor (Oaxaca), Andrés Navarrete Jiménez (Guerrero).

Les agradezco por haberme brindado su amistad y apoyo, por estar conmigo en los buenos y malos momentos que tuve, por estar ahí cuando más los necesite.

## INDICE DE CONTENIDO

### CAPITULO I Pág.

- 1. INTRODUCCION
- 1.1 Importancia del agave
- 1.2 Justificación
- 1.3 Objetivos
- 1.4 Hipótesis •
- 1.5 Meta

### CAPITULO II

- 2. REVISION DE LITERATURA
- 2.1 Antecedentes
- 2.2 Origen y distribución
- 2.3 Descripción botánica
- 2.4 Clasificación taxonómica
- 2.5 Descripción del Agave
- 2.6 Anatomía de la planta de agave
- 2.7 Suelos y clima
- 2.8 Importancia de los fertilizantes
- 2.6. i Tipos de fertilizantes
- 2.8.2 Manejo de fertilización
- 2.8.3 Recomendaciones y riegos en el uso de fertilizantes
- 2.9 Hormonas vegetales y reguladores de crecimiento
- 2.9.1 Auxinas
- 2.9.2 Giberelinas
- 2.9.3 Citocininas
- 2.9.4 Etileno
- 3. Absorción de nutrientes
- 3.1 Manejo de soluciones nutritivas

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Importancia del agave

En la actualidad, la demanda nacional e internacional de tequila y mezcal se duplicó, cuando la producción se industrializó y los tequilas y mezcales regionales con calidad artesanal se convirtieron en productos de consumo elitista. El precio del preciado líquido tuvo un incremento dimensional, de diez pesos se incrementó a cien pesos. Esta demanda provocó una explosión comercial, las marcas pasaron de cincuenta a quinientas, diversificándose la producción de tequilas blanco en añejos y reposados, así como la producción de mezcal. Se generó una denominación de origen y se definió la zona tequilera y mezcalera del país. Esta expansión implicó cambios en la producción y comercialización. La alta producción de 50 000 litros diarios fue rebasada por muchas fábricas, tan sólo algunas marcas se quedaron con la producción artesanal. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

El mercado de las bebidas producidas a partir de agave, está adquiriendo importancia internacional, razón por la cual los esfuerzos de investigación deben ser mayores, con la finalidad de encontrar respuestas científicas a los problemas de selección y mejoramiento genética, que acorten tiempos de maduración de la planta, y paralelamente cuidar la sobreexplotación de la misma, con la finalidad de preservar el ecosistema. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

## **1.2 Justificación**

La escasez de la planta de agave utilizada con fines de producción de mezcal, y el consecuente riesgo de extinción de la especie, va a ocasionar problemas de tipo ecológico, social y económico, ya que en la actualidad la práctica de producción genera empleos para los habitantes de las comunidades de las principales entidades en las cuales el agave se presenta de manera natural.

## **1.3 Objetivos**

Determinar el mejor nutriente para el desarrollo de plántulas de *Agave durangensis*

## **1.4. Hipótesis**

Las plantas de agave responden de igual forma a cualquier tipo de nutrientes.

## **1.5 Meta**

Obtención de plantas con el desarrollo adecuado para posteriormente ser llevadas a campo en las mejores condiciones de crecimiento.

## **CAPITULO II**

### **2. REVISION DE LITERATURA**

#### **2.1 Antecedentes**

Maguey es una palabra que proviene de las Antillas. En nuestra región y en diferentes culturas se le reconoció con varios nombres: Metí en Náhuatl, Tocamba en Purépecha, Guada en Otomí.

En México, es el único lugar del mundo, donde es identificado con la cultura, el paisaje y el pueblo.

Contra lo que algunas personas creen, el agave no es un cactus, el agave es una planta que pertenece a la familia de la Agavaceae, es de hojas largas, fibrosas de forma lanceolada, de color verde azulado, cuya parte aprovechable para la elaboración del mezcal, tequila o pulque es la pina o cabeza. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

El agave se ha aprovechado entre otras cosas para : Elaborar papel, construir Vallas, las hojas o pencas utilizadas como tejas en techumbres , tallos o quiotes como vigas, las fibras de las hojas en hilaturas para tejidos , puntas de las pencas como: Clavos, punzones, agujas, zumo o licor del cual se hace vino, vinagre, miel, azúcar. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

Para la cultura Náhuatl, el maguey era una creación divina que representaba a Mayahuel, una diosa que tenía cuatrocientos pechos con los cuales alimentaba a sus cuatrocientos hijos. Mayahuel estaba casada con Petácatl, quien representaba a ciertas plantas que ayudaban a la fermentación del pulque, haciendo que la bebida adquiriera poderes

mágicos. Los habitantes de aquella época consideraban que el maguey era una planta de nutrimento principal. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

Según los códices Nutall, Laúd, Florentino y Mendocino, las tribus indígenas hallaron diferentes usos para el agave y sus subproductos, por ejemplo; alimentos, hilos, agujas para coser, calzado, techos para casas, ropa, clavos, punzones, armas de guerra, papel, entre otros objetos. Los Mexicas aprendieron a cocer las pinas del agave. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

Ya en los tiempos de la conquista, en los estados de Jalisco, Colima, Nayarit y Aguascalientes, los indios ticuila o tiquilinos elaboraban un aguardiente de la planta del agave, mismo que bebían en fiestas y ceremonias religiosas. Cuando los españoles lo probaron, fueron conquistados por Mayahuel y adquirieron la costumbre de beberlo en la punta de un cuerno de vaca. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

Los agaves son plantas suculentas pertenecientes a una extensa Familia botánica del mismo nombre: Agavaceae. Proceden principalmente de México (la región de Tequila, en el estado de Jalisco es la máxima productora de tequila, la bebida nacional mexicana) y también se localizan en la zona meridional y occidental de Estados Unidos y en zonas centrales y tropicales de Sudamérica. (Wikimedia Foundation 2006)

Estas plantas forman una gran roseta de hojas gruesas y carnosas, generalmente terminadas en una afilada aguja en el ápice y, a menudo, también con márgenes espinosos. El robusto tallo leñoso suele ser muy corto, por lo que las hojas aparentan surgir de la raíz. (Wikimedia Foundation 2006)

Los agaves requieren un clima semiseco con temperatura promedio de 20 °C, generalmente a una altitud entre 1500 y 2000 metros sobre el nivel del mar. Las condiciones del suelo: arcilloso, permeable y abundante en elementos derivados del basalto y riqueza en hierro, preferentemente volcánico. Es muy importante la exposición al sol, y no debe haber mas de 100 días nublados al año y preferentemente solo 65. (Wikimedia Foundation 2006)

La reproducción se puede dar por semilla o bulbillo o más eficientemente mediante rizomas, es decir transplantando los hijuelos que brotan de la raíz de la planta. Al alcanzar una altura de 50 cm. y cuando el corazón es del tamaño de una toronja, se desprenden de la planta madre cortándolos con un barretón. La edad óptima de un agave para reproducirse, es entre los 3 y los 5 años. Una planta madre da entre uno y dos hijuelos por año. Una vez separados los hijuelos de la madre, se procede a la plantación precisamente antes del tiempo de lluvia, la nueva planta debe quedar asentada y enterrada en un 75% de su volumen, apisonando la tierra para asegurar la planta. (Wikimedia Foundation 2006)

Su crecimiento es muy lento, la maduración demora de 8 a 10 años y florecen sólo una vez emitiendo un largo tallo de casi 10 m de altura que nace del centro de la roseta, hacia la mitad del tallo surgen ramificaciones con numerosos grupos de flores tubulares. La planta muere tras desarrollar el fruto pero por lo general produce retoños en su base. (Wikimedia Foundation 2006)

Probablemente fueron los exploradores españoles y portugueses quienes condujeron los agaves a Europa, pero se hicieron populares durante el siglo XIX, cuando los coleccionistas comenzaron a introducir diferentes tipos, algunos de los cuales llevan propagándose por esquejes desde entonces y ya no tienen semejanza a ninguna de las especies conocidas en la naturaleza, aunque esto pueda deberse simplemente a

las pocas naturales condiciones de cultivo europeas. (Wikimedia Foundation 2006)

## **2.2 Origen y distribución**

El género agave, cuyo nombre viene del griego y significa admirable. (Gómez, 1963) (Ramírez M.L.F.1996).

El género agave tiene su centro de origen y diversidad en México; su distribución geográfica natural se extiende hacia el norte, hasta el sureste de Estados Unidos y hacia el sur hasta Nicaragua. (González, 1992) (Ramírez M. L. F. 1996).

Siendo originaria de regiones altas y semidesérticas, resulta resistente al frío y a la sequedad y puede considerarse una planta xerófita, pues soporta bien a las sequías, almacenando en sus hojas, durante la estación de lluvias, el agua que necesita para su conservación. Responde bien en el clima típico mediterráneo, con tal que reciba poca agua en verano. (Pardo, O. 2005.).

Existen en la República Mexicana 272 especies de las 310 que existen en el continente del género Agave, de la familia Agavaceae. (González, 1994) (Ramírez M.L.F.1996).

## **2.3 Descripción botánica**

La planta del maguey consta de raíz fibrosa, tallo muy corto y grueso; hojas conocidas como pencas en número de 30 a 50, de color verde oscuro, cóncavas, de una longitud de 1.5 a 2 m., con espinas en sus bordes terminadas en punta rematadas por una púa o espina; las

hojas están unidas muy juntas y alrededor del tallo formando una roseta. Las hojas de la mitad de su longitud son mas delgadas y más anchas que en su base, para ir reduciendo su anchura hacia su extremo superior hasta terminar en la espina; están revestidas de una cutícula apergaminada que le sirve para evitar la evaporación. (Sánchez, 1996) (Ramírez M.L.F.1996).

El maguey florece una sola vez, ya que poco después de este muere. Cuando va a florecer sale de su cogollo un tallo floral llamado quiote (escapo) que se desarrolla rápidamente, si se toma en cuenta el lento crecimiento de la planta. El quiote alcanza de 4 a 5 metros de altura y en su extremo superior se desarrolla la inflorescencia en forma de racimo con varias ramificaciones que tiene varios grupos de flores, de color verde amarillamiento.

La época de floración depende de la variedad del suelo, clima, cultivos. Los magueyes cultivados florecen entre los 8 y 12 años y otras más tiempo. (Loyola, 1956), (Ramírez M.L.F.1996).

#### 2.4 Clasificación taxonómica (Semarnat 2006)

<b>Reino:</b>	Planteae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Asparagales
<b>Familia:</b>	Agavaceae
<b>Género:</b>	Agave
<b>Nombre científico:</b>	<i>Agave durangensis</i>

## 2.5 Descripción del *Agave*

El tallo del agave es corto, cenizo. Hojas anchas armadas en roseta de 8 - 12 dm de alto y 12-18 dm de ancho; el número de hojas es casi siempre de 40 a 90; lanceoladas; lo más ancho de la hoja es en la parte media y angosto arriba; las hojas pueden ser también derechas o curvas, planas o cóncavas especialmente hacia el ápice, gruesas y convexas en la base, ásperas, espinosas. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

Los márgenes de la hojas son dentados; los dientes o espinas de 1 a 2 cm. de largo, aplanados, variada su flexión, generalmente separados de 1 a 2 cm.; y la pulla de 4 a 6 cm. de largo; acanalada en su alrededor, de color gris a café.

El tallo o Escapo floral de 7 a 8 m de altura, con 18 a 30 ramificaciones en la parte superior, trifurcados lateralmente hacia arriba  $\nabla$  en zigzag, boracitas perpendiculares de 15-25 cm. Flores en pequeños racimos de 60 a 80 mm de largo, cercanos persistentemente, erectos, amarillos; el ovario es de 30 a 45 mm de largo, incluyendo el cuello; tubos cilíndricos de 15 a 22 mm de ancho y ligeramente flexibles; sépalos desiguales, unidos a filamentos que vienen del brazo de 10-12 mm de largo; gruesos, redondeados, sobre-puestos uno sobre otro; con ápice visible, como pistilo, casi forma de elote, rojizo dentro de sépalo, filamentos de 48-60 mm, algunos aplanados, insertados en el orden, de 8 a 12 y de 6 -10 mm sobre la base del tubo. Anteras de 18 a 25 mm, en cápsula de 4.5 a 6 por 1.6 a 1.8 cm. Semillas pequeñas, alunadas a ovaladas, con bordes levantados como pequeñas alas. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

## 2.6 Anatomía de la planta de Agave

Las plantas del género *Agave* se caracterizan por raíces duramente fibrosas, radiadas y extendidas superficialmente; tallos gruesos, muy cortos, usualmente más cortos que la yema terminal, simple o ramificada; hojas largas, generalmente suculentas, protegidas o desprotegidas con dientes sobre los márgenes, con una espina aguda muy dura; la presencia de una roseta suculenta monocárpica o policárpica, perenne o multianual con larga vida de sus hojas; floración única después de ocho a veinte años; frecuentemente con vastagos en la base y ocasionalmente propágulos en la inflorescencia; inflorescencia con escapo alto, espigada o racimosa o paniculada con las flores en grupos umbelados, bracteados; flores en su mayoría largas, generalmente proterandras; perianto tubular o superficialmente cónico, los seis segmentos erectos o variablemente curvos, similares o dimorfos, imbricados en la yema. Seis estambres; filamentos largamente proyectados, insertados en tubo o sobre la base del tépalo; anteras versátiles; ovario infero, con tres celdas, suculento, paredes gruesas con numerosos óvulos afilares en dos filas por celda; pistilo elongado, filiforme, tubular, estigma trilobular, con papilas glandulares; el fruto es capsular dehiscente loculícida; las semillas son planas (viables) (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

## 2.7 Suelos y clima

Por la rusticidad propia del maguey se acostumbra plantarlos en terrenos cerriles ya que en estos se desarrolla bien y casi no hay cultivo que se adapte mejor en este tipo de suelos. Puede cultivarse desde luego en terrenos planos y fértiles y no obstante su rusticidad y resistencia responde a los fertilizantes. (Ramírez M. L. F. 1996).

El maguey tiene la ventaja de resistir largos periodos de sequía pues en estos casos utiliza las reservas que tiene almacenadas en sus hojas; así como también es muy resistente a las bajas temperaturas.

El maguey subsiste y prospera en precipitación media anual desde los 335 hasta los 924 mm., así como también en temperaturas que van desde 13.6 hasta los 17.8 °C, temperaturas medias anuales del Valle de México. (Ramírez M. L. F. 1996).

La mayoría de los agaves del desierto necesitan la luz solar, si no existe se convierten en plantas etioladas; los magueyes pulqueros del Valle de México requieren de iluminación aunque no toleran la sombra.

## **2.8 Importancia de los fertilizantes**

Anteriormente se creía que las plantas se nutrían de las sustancias orgánicas que contiene el estiércol y como la cantidad disponible de éste es limitada, las posibilidades de aumentar los rendimientos de los cultivos, nutriendo mejor las plantas eran mínimas. El descubrimiento de que las plantas se nutren de elementos como el nitrógeno, que abunda en la naturaleza, cambió totalmente el panorama e hizo posible aumentar varias veces los rendimientos. (Valle G. J. L. 2006).

### **2.8.1 Tipos de fertilizantes**

Sólidos: son generalmente los más utilizados: Éstos pueden estar en forma de polvo, en cristales o granulos.

Líquidos: Pueden ser simples, como las soluciones nitrogenadas, o compuestos, como las soluciones binarias o terciarias.

Gaseoso: Sólo se utiliza el amoníaco anhidro; en su almacenaje se mantiene en forma líquida muy fuertemente comprimido. Cuando se lo aplica en el suelo se gasifica. (Rodríguez S. F. 1996)

### **2.8.2 Manejo de fertilización**

El agave es un cultivo capaz de adaptarse a suelos delgados poco profundos, pedregosos e inapropiados para otros cultivos; sin embargo no por ello se debe creer que es una planta con bajo requerimiento de nutrientes. En suelos altamente alcalinos y provistos con un buen contenido de nutrientes, se alcanza alta calidad y rendimiento. (Happy Flower, 2005).

### **2.8.3 Recomendaciones y riesgos en el uso de fertilizantes**

Los fertilizantes o alimentos están compuestos por sales minerales solubles que son aprovechadas por las plantas en sus procesos de nutrición; sin embargo, algunas de estas sales no son debidamente aprovechadas por varias causas: a) Alta concentración por su uso continuo e indiscriminado, b) Falta de humedad adecuada c) Aplicación inadecuada de la formulación, y sobre todo d) Ausencia de materia orgánica (Abonos Naturales) (Happy Flower, 2005).

Como quiera que sea las sales no aprovechadas se convierten en insolubles y esto provoca el marchitamiento, debilidad y muerte de las plantas. Así mismo, los diferentes contenidos de algunos fertilizantes son altamente fitotóxicos, es decir, pueden "quemar" las plantas. Por ejemplo, los Cloruros como fuente de Potasio no deben usarse nunca en macetas

ó jardineras pues quedarían atrapadas las sales en el fondo de éstas y "quemarían" las plantas (Happy Flower, 2005)

## **2.9 Hormonas vegetales y reguladores de crecimiento**

Las fitohormonas pueden promover o inhibir determinados procesos. Dentro de las que promueven una respuesta existen 4 grupos principales de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe fuertes propiedades de regulación del crecimiento en plantas. Se incluyen grupos principales: auxinas, giberelinas, citocininas -y etüeno.

Dentro de las que inhiben: el ácido abscísico, los inhibidores, morfactínas y retardantes del crecimiento, cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta. Mientras que cada fitohormona ha sido implicada en un arreglo relativamente diverso de papeles fisiológicos dentro de las plantas y secciones cortadas de éstas, el mecanismo preciso a través del cual funcionan no es aún conocido. (Wanadoo, 2005)

### **2.9.1 Auxinas**

El nombre auxina significa en griego 'crecer' y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación de las células. El ácido indolacético (AIA) es la forma natural predominante, actualmente se sabe que también son naturales el IBA (ácido indol butírico),

Aunque las auxinas se encuentran en toda la planta, las más altas concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas, las cuales están en crecimiento activo, siendo éste el sitio de síntesis. Su síntesis

puede derivar del triptófano, que por transaminación y descarboxilación da origen al AIA o de la triptamina por oxidación. (Wanadoo, 2005)

La auxina es transportada por medio del parénquima que rodea los haces vasculares, sin penetrar en los tubos cribosos. Su movimiento es lento y basípeto, alejándose desde el punto apical de la planta hacia su base, aún en la raíz, y requiere energía. El movimiento de la auxina fuera de la lámina foliar hacia la base del pecíolo parece también prevenir la abscisión. Las auxinas asperjadas sobre las hojas, en concentraciones bajas, pueden ser absorbidas, penetran en los elementos cribosos, pero posteriormente se trasladan al parénquima vascular, las auxinas sintéticas, aplicadas en altas concentraciones, se trasladan por floema, junto a los fotos asimilados. (Wanadoo, 2005)

El efecto inicial preciso de la hormona que subsecuentemente regula este arreglo diverso de eventos fisiológicos no es aún conocido. Durante la elongación celular inducida por la auxina se piensa que actúa por medio de un efecto rápido sobre el mecanismo de la bomba de protones ATPasa en la membrana plasmática, y un efecto secundario mediado por la síntesis de enzimas. (Wanadoo, 2005)

### **2.9.2 Giberelinas**

El Acido giberélico GA3 fue descubierto en Japón como derivado de extracto del hongo *Giberella fujikuroi* que producía un crecimiento inusual de las plantas de arroz derivando de allí su nombre. Su designación es AG seguida de un número y al momento hay más de 150 formas conocidas de esta hormona. (Wanadoo, 2005)

### Biosíntesis

Las giberelinas son terpenos; su estructura se forma por delación de estas unidades, formando kaureno. Sintetizado en el camino metabólico del ácido mevalónico, de este mismo camino derivan, también, los retardantes del crecimiento. Su síntesis se produce en todos los tejidos de los diferentes órganos y puede estar afectada aparte de por procesos internos de retroalimentación negativa por factores externos como la luz que según su duración lleva a la producción de giberelinas o inhibidores del crecimiento. Su traslado se realiza a través de floema y xilema, no es polar como en el caso de las auxinas. (Wanadoo, 2005)

Las giberelinas provocan la división celular al acortar la interfase del ciclo celular e inducir las células en fase G1 a sintetizar ADN. También promueven la elongación celular al incrementar la plasticidad de la pared y aumentar el contenido de glucosa y fructosa, provocando la disminución del potencial agua, lo que lleva al ingreso de agua en la célula y produce su expansión, inducen la deposición transversal de microtúbulos y participan en el transporte de calcio. También pueden actuar a nivel génico para provocar algunos de sus efectos fisiológicos. (Wanadoo, 2005).

### 2.9.3 Citocininas

Las citocininas son hormonas vegetales naturales que derivan de adeninas sustituidas y que promueven la división celular en tejidos no meristemáticos. Inicialmente fueron llamadas cinetinas, sin embargo, debido al uso anterior del nombre para un grupo de compuestos de la fisiología animal, se adaptó el término citocinina (citocinesis o división celular). Existen citocininas en musgos, algas café, rojas y en algunas Diatomeas. (Wanadoo, 2005)

Son producidas en los órganos en crecimiento y en el meristemo de raíz. Se sintetizan a partir del isopentenil adenosina fosfato (derivado de la ruta del ácido mevalónico) que por pérdida de un fosfato, eliminación hidrolítica de la ribosa y oxidación de un protón origina la zeatina, es una citocínina natural que se encuentra en el maíz (*Zea mays L.*) de allí su nombre. (Wanadoo, 2005)

Las citocininas se trasladan muy poco o nada en la planta, sin embargo se las identifica en xilema (cuando se sintetizan en la raíz) y floema. Sin embargo, cuando los compuestos se encuentran en las hojas son relativamente inmóviles. (Wanadoo, 2005)

#### **2.9.4 Etileno**

El etileno, es una de las hormonas de estructura más simple, gaseosa, al ser un hidrocarburo, es muy diferente a otras hormonas vegetales naturales. Aunque se ha sabido desde principios de siglo que el etileno provoca respuestas tales como geotropismo y abscisión, no fue sino hasta los años 1960s que se empezó a aceptar como una hormona vegetal. (Parra R. 2006)

Deriva de los C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub> de la metionina, que pasa, con gasto de ATP, a S-adenosilmetionina (SAM), por acción de una enzima pasa a ácido aminociclopropano-1 carboxílico (ACC) y por oxidación de este y por la acc oxidasa se forma etileno. Una característica de esta hormona es que posee acción autocatalítica, esto se debe a que la presencia de etileno activa la acción del gen que codifica la enzima que pasa de ACC a etileno.

El etileno parece ser producido esencialmente por todas las partes vivas de las plantas superiores, y la tasa varía con el órgano y tejidos específicos y su estado de crecimiento y desarrollo. Las tasas de síntesis varían desde rangos muy bajos (0.04-0.05 pl/kg-hr) en blueberries (*Vaccinium* sp.) a extremadamente elevadas (3.400 pl/kg-hr) en flores devanecientes de orquídeas Vanda. (Parra R. 2006).

### **3. Absorción de nutrientes**

Las plantas pueden absorber los nutrientes a través de las raíces, los tallos y las hojas. Sin embargo, la mayor parte de los nutrientes es captada por las raíces. Los nutrientes entran a la planta solo en forma de soluciones. (Orozco L.F, 1983)

La absorción mas intensa de nutrientes se realiza a través de los pelos absorbentes. Las raíces viejas han perdido la habilidad para absorber los nutrientes y sirven más bien para transportar los elementos hacia la parte alta de la planta. (Orozco L.F, 1983)

Los elementos requeridos por la planta entran por el intercambio que se realiza entre los pelos absorbentes, la solución y los minerales alrededor de ellos. (Orozco L.F, 1983)

#### **3.1 Manejo de las soluciones nutritivas**

Una vez que una solución esta preparada se procede a regar la planta. El riego puede llevarse a cabo por subirrigación, goteo, por microaspersión, nebulización, etc. Cada uno de estos sistemas de aplicación de la solución nutritiva implica diferentes manejos. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

### **3.2 Actuación de la Urea en la Planta**

La utilización de la Urea por la planta, cuando se aplica por vía foliar, requiere la presencia de una diastasa microbiana, la ureasa, que se encuentra en los tejidos de las hojas. La ureasa produce la hidrólisis de la Urea que se transforma en aminoácidos y proteínas transportables, en su mayoría, desde las hojas a otras partes de la planta. De esta forma, el Nitrógeno aportado por la Urea es aprovechado muy rápidamente por la planta sin que se produzcan pérdidas de energía en elaborar otros productos intermedios. La actividad fotosintética se ve así favorecida. (Fertiberia, 2000)

### **3.3 Nutrimientos**

Los requerimientos de nutrientes en agave, son semejantes a las otras plantas, Con frecuencia el nitrógeno es el elemento del suelo más limitativo para el crecimiento, tanto en áreas agrícolas como en las naturales. La fertilización con productos inorgánicos que contienen nitrato o con estiércol, por lo general aumenta el crecimiento de los agaves. Los otros dos nutrientes comunes son el fósforo y potasio. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

Los nutrientes vegetales se dividen en dos categorías en base a las cantidades relativas requeridas. Los macronutrientes se requieren en cantidades más elevadas que los micronutrientes. Los primeros, los agaves contienen niveles más bajos de nitrógeno y de fósforo y uno mayor de calcio, con respecto a las plantas con hojas cultivadas.

Los micronutrientes tienden a tener niveles un poco más bajo en agaves con respecto a las plantas cultivadas, aún cuando existe una variación considerable. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

### **3.3.1 Nutrientes mayores para las plantas**

Las plantas toman Nitrógeno, Fósforo y Potasio en cantidades que varían de unos cuantos Kilogramos o más por Ha.; las cantidades efectivas usadas dependen del tipo de planta y de rendimiento. Casi las mismas cantidades de otros elementos químicos son también necesarias y justamente con el N, P y K se conocen como elementos nutritivos mayores. (Cooke W. G., 1981)

El Carbono (C), el Fe (H) y el Oxígeno (O), son proporcionados por el agua y por el aire y no hay necesidad de preocuparse acerca del abastecimiento de los mismos.

El Calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S) son proporcionados por el suelo. La disminución del Calcio tiende hacia la acidez del suelo. El azufre se encuentra en fertilizantes tales como el sulfato de amonio y potasio y en el superfosfato ordinario. (Cooke W. G., 1981)

### **3.3.2 Nutrientes menores**

Además de los elementos nutrientes mayores, varios otros elementos químicos se necesitan en pequeñas cantidades que varía de unos cuantos gramos a escasos Kg. por Ha. Se les llama elementos menores o micronutrientes; el Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn) son los considerados hasta ahora como esenciales. (Cooke W. G., 1981)

### 3.4 Función de los nutrientes en las plantas (Maceda A. y González I. 2006)

**Potasio:** Imparte vigor, resistencia a enfermedades e impulsa el enraizamiento. Ayuda en la formación de proteína, calidad de la fruta y del tallo o en la consistencia del tallo, es esencial en la formación y translocación de almidón, azúcares y aceites en la planta.

**Calcio:** Ayuda al temprano crecimiento de pelos radiculares en la raíz, mejora el vigor de la planta y da consistencia al tallo; impulsa y mejora la producción de la semilla; en cierta forma corrige la acidez del suelo y estimula los microorganismos del suelo.

**Magnesio:** Parte esencial de la clorofila, necesaria para la formación de azúcar en la planta; actúa como portador de fósforo en la planta y ayuda a regular otros nutrientes.

**Azufre:** Esencial ingrediente proteico; estimula la formación de hojas y el crecimiento vigoroso en la planta; ayuda a mantener el color verde oscuro y también ayuda en el uso de nitrógeno.

**Boro:** Mejora el rendimiento y la calidad del fruto; es importante para la producción de semillas; contribuye con el uso del calcio y fósforo, transfiere el azúcar a la planta.

**Cloro:** Principal y reciente adición en la lista "esencial"; raramente deficiente en suelos.

**Cobre:** Activador enzimático; puede ser necesitado en suelos de alto contenido orgánico.

**Hierro:** Esta asociado con la producción de clorofila; su disponibilidad es adversamente influenciada en suelos alcalinos, húmedos o fríos, o que se hayan sobre-encalados.

**Manganeso:** Influye en la germinación, maduración de la planta; ayuda en la fotosíntesis, transformación de los carbohidratos y es necesitado en la absorción de dióxido de carbono.

**Molibdeno:** Se necesita como una enzima reguladora de nitrato; es esencial en el proceso de fijación de nitrógeno.

**Zinc:** Necesario para la producción de clorofila y el crecimiento de la planta, su principal función esta en la reproducción de la planta.

**Azufre:** es necesario para disminuir el pH del suelo. El azufre tiende a acidificar el suelo, cuando el azufre elemental se desdobla con el agua. Este proceso llamado oxidación se acelera cuando las temperaturas son altas. El Azufre puede dañar el césped si el desdoblamiento ocurre en climas extremadamente calientes. Es por eso muy importante irrigar el césped luego de aplicado el azufre. Suelos arenosos tienden a responder mejor a las aplicaciones de azufre que los suelos pesados o arcillosos. Aplicaciones de azufre incrementan la disponibilidad de Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc y Boro. El Azufre también es beneficioso al césped como elemento básico. (Maceda A. y González I. 2006)

**Gypsum,** es un compuesto de sulfato de Calcio, y usualmente contiene entre 20-25% de Calcio. Como enmienda del suelo Gypsum intercambiara con los iones de sodio de las partículas de arcilla. Es por eso que es muy importante sobre-irrigar el área tratada con Gypsum, hasta el punto de lixiviación, para disminuir el Sodio que esta adherido a la partícula de arcilla. Elevados niveles de Sodio es a menudo una

situación crítica para el crecimiento del césped. La disminución del contenido de sodio se logra con aplicaciones de Gypsum, lo que permite también incrementar la permeabilidad del suelo. El contenido de sulfato en el Gypsum es también beneficioso para el césped o grama. (Maceda A. y González I. 2006)

**Cal (Lime)**, este compuesto posee un alto contenido de calcio. La cal es normalmente usada para incrementar el pH del suelo. Esto se logra cuando este material de cal neutraliza los iones de hidrógeno. Se recomienda aplicar cal solamente luego de un análisis de suelo.

### **3.5 Salinidad**

La mayoría de los agaves no toleran niveles de salinidad moderada. El crecimiento de la raíz se inhibe drásticamente a concentración de sodio ( $2.5 \text{ gr. L}^{-1}$ ). Los niveles de sodio en tallos de agave son menores que en los cultivos con hojas. La baja tolerancia a la salinidad de los agaves, restringe las regiones donde se pueda cultivar con buenos resultados. (Orea L.G. y Cifuentes D.L.A. 2004).

### CAPITULO III

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

##### 4.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó dentro de las instalaciones de la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna**, en el invernadero, que se localiza en la parte este del sur del Estado de Coahuila, en las coordenadas 103° 26' 33" longitud oeste y 25° 32'51" latitud norte a una altura de 1,120 msnm, con clima seco desértico con lluvias en verano, precipitación media anual de 230 mi, temperatura media anual de 19 a 22 °C. (INIFAP.2004).

##### 4.2 Material vegetativo

Se utilizó un stock de semillas de Agave (*Agave durangensis Gentry*), el cual fue proporcionados por productores de Tuitán, Mpio. De Nombre de Dios, Dgo.

##### 4.2.1 Limites

El desarrollo del experimento se llevara bajo condiciones controladas de riego, humedad, temperatura (invernadero). Se llevará a cabo por un periodo de ocho meses.

En cada evaluación se eliminarán las plántulas, ya que su crecimiento será por el análisis de peso húmedo y seco de la planta.

### 4.3 Descripción del proyecto

El desarrollo del experimento se llevo bajo condiciones controladas de riego, humedad, temperatura (invernadero). Durante un período de ocho meses.

#### 4.3.1 Selección de Semillas

De un stock de semillas se seleccionaron de manera visual las mejores, considerando que no estuvieran dañadas (sanas).

» -

Dañada                      Sin lesión

#### 4.3.2 Desinfección de semillas

Las semillas fueron tratadas con hipoclorito de sodio (cloralex®) al 5% durante 5 minutos, enjuagadas con agua destilada, y colocadas en fungicida comercial (Captan®) por un periodo de 24 horas, con el objeto de obtener germinados libres de contaminación.

Las charolas que se utilizaron fueron de plástico con 24 cavidades, se lavaron con detergente e hipoclorito de sodio (cloralex®) al 5 %.

El sustrato que se utilizo fue peatmoss®, el cual se coloco en bolsas y se esterilizo en autoclave durante 20 minutos a 16 libras de presión y lo mismo se hizo con el agua destilada que se utilizo para saturar el sustrato.

#### 4.3.3 Siembra de Semilla

Se mezcló el sustrato peatmoss® con el agua destilada estéril, después se rellenaron 4 charolas con el sustrato y luego se colocaron 2 semillas en cada orificio de las charolas para obtener 48 plántulas en cada charola.

Cada charola se cubrió y cerró con bolsas de polietileno y sostenida con 3 arcos de alambre galvanizado para formar un pequeño invernadero, esto se hizo con el fin de retener un poco la humedad, posteriormente las charolas se pasaron al cuarto de crecimiento durante 15 días a una temperatura de 25 °C + 2.

#### 4.3.4 Establecimiento en invernadero

Una vez germinadas las semillas y después de 15 días, las charolas con plantas se pasaron al invernadero donde permanecieron a una temperatura de 25 °C + 3, durante 8 meses tiempo que duró el experimento.

#### 4.4 Tratamientos utilizados

**Solución nutritiva** debe estar protegida de los factores ambientales que influyen en su composición como la luz, humedad, altas temperaturas etc.

En general, las sales y/o fertilizantes utilizados en la preparación de una solución nutritiva son los siguientes: nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato monoamónico, fosfato monopotásico, sulfato de magnesio, ácido bórico o bórax, sulfato de cobre, sulfato de zinc, sulfato de manganeso, molibdato de sodio o de amonio. Las soluciones nutritivas deben ser formuladas y manejadas para proporcionar de forma

equilibrada los nutrientes requeridos por las plantas sin ocasionar ningún daño salino a las raíces debido al aumento del potencial osmótico.

**Urea** cristalina es un fertilizante que contiene el 46% de Nitrógeno, totalmente en forma uréica, y que está especialmente indicado para su aplicación foliar, usándose también en fertirrigación. (Fertiberia, 2000)

**Fertilizante comercial** (Foltron plus ®)

**Agua corriente**

Cada charola corresponde a un tratamiento (T1 solución nutritiva, T2 fertilizante Foltron Plus ®, T3 Urea, T4 agua corriente).

Los riegos con los diferentes tipos de solución se hicieron cada 8 días y los riegos con agua se hicieron cada tercer día.

Durante 2 meses se hizo el riego con solución cada 8 días, luego se cambio a cada mes durante 3 meses.

#### **4.5 Toma de datos**

Cada mes se seleccionaron al azar 4 plantas de c/u de los tratamientos y se determinó el peso fresco y peso seco de las mismas.

Se tomaron 5 lecturas de peso fresco y peso seco de cada tratamiento con la finalidad de ver que tratamiento presentó más crecimiento en biomasa.

**Determinación en peso fresco:** Las plantas seleccionadas en cada uno de los tratamientos se extrajeron, se lavaron las hojas y las raíces con el fin de eliminar el sustrato, se colocaron en papel canela para que se secaran, posteriormente se determinó su peso en una balanza digital.

**Determinación en peso seco:** Una vez que se determinó el peso fresco las plantas se colocaron en bolsas de papel canela y se colocaron en la estufa a una temperatura de 60 °C durante 4 días, después de esto se determinó el peso seco igual que el peso fresco.

#### **4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental que se usó en el presente trabajo fue el de completamente al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental la constituyó una charola de plástico con 24 cavidades y 2 semillas por cavidad.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los objetivos previamente establecidos en este trabajo se presentan los resultados obtenidos.

En el cuadro 1. En el que se determinó el peso fresco de las plántulas de agave se observa que en el mes de Julio no existió diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Con respecto al mes de Septiembre se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos 2 (Fertilizante comercial) y 4 (Agua corriente) con valores de 12.7 y 6.9 respectivamente, en lo que respecta a los tratamientos 3 (Urea) y 1 (Solución nutritiva) no existe diferencia significativa.

El mismo comportamiento se observó en el mes de Octubre.

Para el mes de Noviembre estadísticamente hay diferencia significativa entre los tratamientos 3 (Urea) y 4 (Agua corriente) con valores de 32.5 y 14.9 respectivamente, así como para los tratamientos 2 (Fertilizante comercial) y 4 (Agua corriente) con valores de 27.3 y 14.9 respectivamente, no existiendo diferencia significativa entre los valores de los tratamientos 3 (Urea), 2 (Fertilizante comercial) y 1 (Solución nutritiva), observándose el mismo comportamiento en el mes de Diciembre.

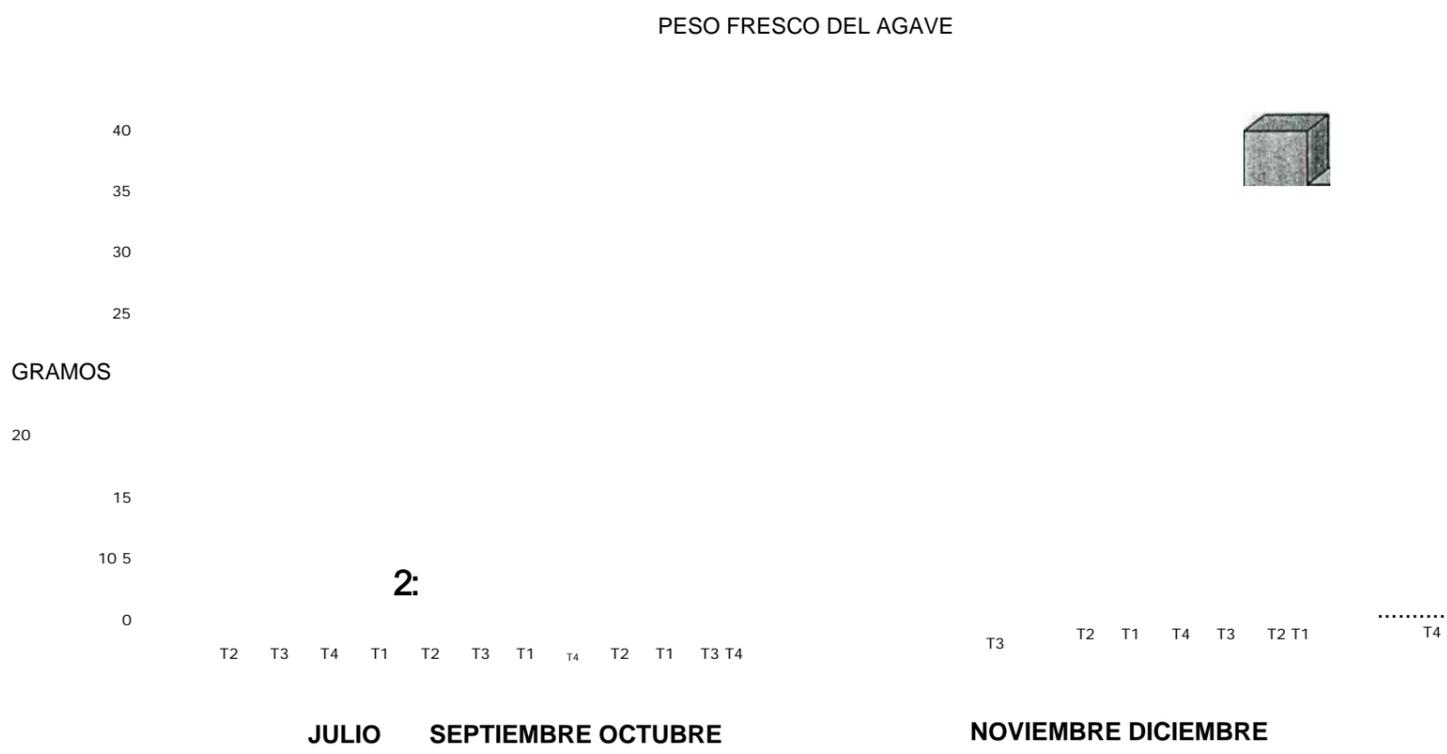
El efecto en el desarrollo de la planta por cada uno de los tratamientos utilizados se observó en la gráfica 1.

**CUADRO 4. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL PESO FRESCO DE LAS PLANTULAS DE *Agave durangensis***

JULIO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
TRAT.		TRAT.		TRAT.		TRAT.		TRAT.	
2	4.1500 A	2	12.7250 A	2	21.3650 A	3	32.5500 A	3	38.4429 A
3	3.4250 A	3	9.3500 AB	1	17.7050 AB	2	27.3250 A	2	34.2125 A
4	2.9500 A	1	8.1250 AB	3	16.4350 AB	1	22.3000 AB	1	28.9750 AB
1	2.2250 A	4	6.9250 B	4	10.4750 B	4	14.9500 B	4	15.3250 B

TRATAMIENTOS	
T1	SOL. NUTRITIVA
T2	FERT. COMERCIAL
T3	UREA
T4	AGUA CORRIENTE

**GRAFICA 1. PESO FRESCO DE LAS PLANTULAS DEL *Agave durangensis*.**



En el cuadro 2. En el que se determinó el peso fresco de las plántulas de agave se observa que en el mes de Julio no existió diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Con respecto al mes de Septiembre se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos 2 (Fertilizante comercial) y 4 (Agua corriente) con valores de 1.15y 0.65 respectivamente, en lo que respecta a los tratamientos 3 (Urea) y 1 (Solución nutritiva) no existe diferencia significativa.

En el mes de Octubre no existió diferencia significativa entre los tratamientos.

Para el mes de Noviembre estadísticamente hay diferencia significativa entre los tratamientos 3 (Urea) y 4 (Agua corriente) con valores de 3.85 y 1.65 respectivamente, así como para los tratamientos 2 (Fertilizante comercial) y 4 (Agua corriente) con valores de 2.72 y 1.65 respectivamente, no existiendo diferencia significativa entre los valores de los tratamientos3 (Urea), 2 (Fertilizante comercial) y 1 (Solución nutritiva), observándose el mismo comportamiento en el mes de Diciembre.

El efecto en el desarrollo de la planta por cada uno de los tratamientos utilizados se observó en la gráfica 2.

**CUADRO 5. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL PESO SECO DE LAS PLANTULAS DE *Agave durangensis***

JULIO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
TRAT.		TRAT.		TRAT.		TRAT.		TRAT.	
2	0.3300 A	2	1.1500 A	1	2.8250 A	3	3.8500 A	3	4.3100 A
3	0.2850 A	3	0.9075 AB	2	2.6000 A	2	2.7250 AB	2	3.7425 A
4	0.2400 A	1	0.7475 AB	3	2.1750 A	1	2.5500 AB	1	3.5475 AB
1	0.1900 A	4	0.6525 B	4	1.5250 A	4	1.6500 B	4	1.7000 B

TRATAMIENTOS	
T1	SOL. NUTRITIVA
T2	FERT. COMERCIAL
T3	UREA
T4	AGUA CORRIENTE



## 5.1 CONCLUSION

La hipótesis planteada establece que las plantas de *Agave durangensis* Gentry regadas con cualquier tipo de nutriente responde de igual forma.

Tomando como base los resultados de Valle G. J. L. (2006), al término de la investigación se concluye que para acelerar la emergencia y crecimiento de la nueva planta, las semillas se deben ser germinadas en cuarto de crecimiento con la temperatura, luz y humedad controlada, obteniendo con ello una germinación de un 98%.

De acuerdo a los resultados obtenidos se determina que existe una gran diferencia significativa entre la urea y los demás tratamientos. Ya que las plantas que fueron regadas con la urea tuvieron mayor desarrollo vegetativo, seguida del fertilizante comercial Foltron, la solución nutritiva Steinner y finalmente el testigo que es el agua.

## 5.2 RECOMENDACIÓN

Se sugiere que para acelerar el proceso de crecimiento y reducir el tiempo del ciclo vegetativo se lleve a cabo la fertilización de plantas.

En base a los resultados que se han obtenido con respecto a nutrición, y dado el lento crecimiento de la planta de *Agave durangensis* Gentry, ya que su ciclo de vida es alcanzando aproximadamente a los ocho años de vida, se recomienda continuar con la investigación, con la finalidad de poder ofrecer a los productores una planta que se desarrolle en menor tiempo y con reducción de costos.

### 5.3 BIBLIOGRAFIA

- Cooke w. G., 1964 Fertilizantes y sus usos. Primera Edición. Editorial C.E.C.S.A. México, D.F.
- Fertiberia 2000. (En línea) Composición y Características de la urea cristalina  
[http://www.fertiberia.com/productos/nuevos\\_productos/Productos\\_Actualiz/urea\\_cristalina.html](http://www.fertiberia.com/productos/nuevos_productos/Productos_Actualiz/urea_cristalina.html)
- Guzmán Ortiz Manuel 2004. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Editorial limusa. Grupo Noriega editores. México, D.F.
- Happy Flower 2005. (En línea)" Recomendaciones y riesgos en el uso de fertilizantes  
<http://www.happyflower.com.mx/Guia/Fertilizantes.htm>
- Maceda A. y González I. 2006. Funciones de los nutrientes en las planta  
[http://www.alaquairum.net/nutricion\\_mineral.htm](http://www.alaquairum.net/nutricion_mineral.htm)
- Orea L. G. y Cifuentes D. L. A. 2004. Desarrollo sustentable del agave mezcalero en Durango. CIDIR
- Orozco L. F. 1982 Suelos y fertilización. Primera Edición, Editorial Trillas. México, D.F
- Pardo, O. 2005. (En línea) El agave americano (*Agave americana* L.): uso alimentario en el Perú. Chloris Chilensis Año 8 N° 2. URL:  
<http://www.chlorischile.cl>
- Parra R. 2006. (En línea) Etileno.  
<http://www.biologia-en-internet.com/default.asp?id=4&Fs=>

- Pergamino 2006. (En línea) Preparación de soluciones nutritivas.  
<http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizantes%20y%20Soluciones%20Concentradas.asp>
- Ramírez M. L. F. 1996. Respuesta a la fertilización y riego de maguey Agave Salmiana para uso forrajero en el cañón de San Antonio de las Alazanas. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coah., Méx.
- Red Hidroponía 2003. (En línea) Preparación de soluciones nutritivas  
<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin21/default.htm>
- Rodríguez S. F. 1982. Fertilizantes Nutrición vegetal. Primera Edición. Editorial A.G.T. editor, s.a, México, D.F
- Wikimedia Foundation 2006. (En línea) Planta de Agave.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Agave\\_%28planta%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Agave_%28planta%29).
- Semarnat 2006. (En línea) Clasificación taxonómica  
<http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/AgaveDurangensis.html>
- Valle G. J. L. 2006. Producción de agave durangensis por germinación de semilla en laboratorio, invernadero y Vivero, como alternativa de desarrollo sustentable en Zonas Semiáridas. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coah., Méx.
- Wanadoo, 2005. (En línea) Hormonas Vegetales y Reguladores de Crecimiento.  
[http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas\\_vegetales\\_y\\_reguladores.htm](http://perso.wanadoo.es/pedrogruen/hormonas_vegetales_y_reguladores.htm)