

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

**DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Fertilización foliar en *Agave tequilana* Weber  
variedad azul en La Noria, Mazatlán, Sinaloa**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTA:

**Lilia del Rocio Corona González**

**ZAPOPAN, JALISCO, NOVIEMBRE DE 2005**



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS**  
**BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO**  
**COMITE DE TITULACION**

**M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA**  
**DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS**  
**PRESENTE**

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de titulación TESIS E INFORMES, opción , TESIS, con el título:

**"FERTILIZACIÓN FOLIAR EN *Agave tequilana* Weber Variedad Azul EN LA NORIA, MAZATLAN, SINALOA"**

El cual fue presentado por él (los) pasante(s):

**LILIA DEL ROCIO CORONA GONZALEZ**

El Comité de Titulación, designó como director y asesores, respectivamente, a los profesores:

<b>M.C. MARTHA TORRES MORÁN</b>	<b>DIRECTOR</b>
<b>M.C. MOISES MARTÍN MORALES RIVERA</b>	<b>ASESOR</b>
<b>M.C. LINO DE LA CRUZ LARIOS</b>	<b>ASESOR</b>

Una vez concluido el trabajo de titulación, el Comité de Titulación designó como sinodales a los profesores:

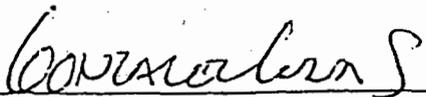
<b>DR. JOSÉ DE JESÚS SÁNCHEZ GONZÁLEZ</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>DRA. MARÍA LUISA GARCÍA SAHAGÚN</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>M.C. ANDRES RODRÍGUEZ GARCÍA</b>	<b>VOCAL</b>

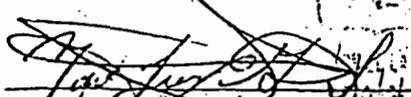
Se hace constar que se han cumplido los requisitos que establece la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara, en lo referente a la titulación, así como el Reglamento del Comité de Titulación.

**ATENTAMENTE**  
**"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 29 de octubre de 2005.



  
**M.C. SALVADOR GONZÁLEZ LUNA**  
**PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACIÓN**

  
**DRA. MARÍA LUISA GARCÍA SAHAGÚN**  
**SECRETARIO DEL COMITE DE TITULACIÓN**

## DEDICATORIAS

A mi esposo José Luis y mi hija Flor Silvestre por su apoyo, amor y confianza por haber cumplido un objetivo, concluir con la carrera, que es un merito de los tres, como una gran familia.

A mis padres Carlos Corona y Ana Maria, y a mi hermano favorito Carlos Alberto por su apoyo y formación en la pequeña persona que soy.

A la M.C. Martha Isabel Torres Morán, M.C. Lino de la Cruz Larios y Dr. Moisés Martín Morales Rivera, por abrirme las puertas y colaboración en la finalización de esta tesis.

## AGRADECIMIENTOS

A mi gran amada familia, por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A mis amigos que me hacen sentir bien a Azu, Gris, Chema y Fer, que con su amistad y amor incondicional, confiando en que juntos seremos un grupo unido.

Por su apoyo, amistad y compañerismo a Lupe, Mariana, Turín, Iván, Oscar, Rober y Waldo, que están a mi lado.

Al Ing. Benito Rincón que me ayudo a decidirme ser un Ingeniero, tener coraje, valentía y un mundo lleno de ilusión.

Al M.C. Ángel Jiménez, que con el poco tiempo de conocernos me ofreció su grandiosa amistad, apoyo y el gusto por mi carrera.

A todos los profesores que integran el departamento de Producción Agrícola en especial al M.C. Salvador Hurtado por su gran apoyo, confianza y amistad de todos ellos.

A mi directora M.C. Isabel Torres y asesor Dr. Moisés Morales por su apoyo en la coordinación de la tesis, en especial a asesor M.C. Lino de la Cruz en la cual me ofreció la oportunidad y el contacto para dar inicio a esta tesis.

Al Ing. Alfonso de Jesús Pelayo Osuna, que nos dio la oportunidad y apoyo de trabajar en el predio de la vinata, "Los Osuna".

# INDICE

INDICE CUADROS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	i
<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Objetivo</i> .....	2
1.2 <i>Hipótesis</i> .....	2
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Descripción Botánica Del Agave</i> .....	3
2.2 <i>Fertilización tradicional en Agave tequilana</i> .....	4
2.3 <i>Fertilización foliar</i> .....	6
2.3.1 <i>Efectos de la fertilización foliar</i> .....	7
2.3.2 <i>Factores que determinan la eficacia de la aplicación foliar</i> .....	9
2.3.3 <i>Ventajas y desventajas de la fertilización foliar</i> .....	11
2.4 <i>Reguladores de Crecimiento</i> .....	12
2.4.1 <i>Citocininas</i> .....	13
2.4.2 <i>Auxinas</i> .....	14
2.4.3 <i>Giberelinas</i> .....	15
<b>III MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1 <i>Localización y descripción de la región</i> .....	17
3.1.1 <i>Localización</i> .....	17
3.1.2 <i>Climatología</i> .....	17
3.1.3 <i>Suelo</i> .....	18
3.2 <i>Material vegetal</i> .....	19
3.3 <i>Material químico</i> .....	19
3.4 <i>Desarrollo del experimento</i> .....	22
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>V CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>VI BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>33</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
1	Cantidad de elementos que el agave absorbe del suelo	5
2	Composición del fertilizante Bioforte	20
3	Composición del fertilizante Triple 18	20
4	Composición del fertilizante Agro-K	21
5	Composición del fertilizante Maxi-grow	22
6	Tratamientos de fertilización foliar utilizados en el experimento	23
7	Datos de campo de la evaluación de fertilizantes foliares en <i>A. tequilana</i>	25
8	Cuadrados medios del análisis de varianza para dosis de fertilizante foliar en <i>Agave tequilana</i>	26
9	Medias generales de los factores Producto (A) y Dosis (B)	28
10	Medias de la interacción Producto x Dosis (A x B)	30
11	Correlaciones entre las variables medidas en <i>A. tequilana</i>	31

## INDICE DE FIGURAS

Figuras	Título	Pág.
1	Estructura fina de la cutícula situada sobre la superficie superior de la hoja	10
2	Mapa de Ubicación de la localidad "La Noria"	17
3	Mapa de suelos de la región del estudio	18
4	Área foliar total de los tratamientos de fertilización en <i>A. tequilana</i>	29

# I INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cultivo del Agave tequilero (*Agave tequilana*, Weber, variedad azul) se ha extendido fuera de los límites geográficos que marca la norma para denominación de origen del tequila, lo que implica que se esté convirtiendo en uno de los cultivos más importantes de nuestro país por ser precisamente la materia prima en la elaboración de esa bebida, ahora reconocida internacionalmente.

En el año 2004, se reportó una plantación de 86'915,000 plantas en la zona de denominación de origen (Velázquez, 2004) y las plantas fuera de los municipios autorizados, ascendieron a 9'045,300 que se utilizan en la elaboración de destilados de agave. Tal es el caso de la localidad La Noria, que se encuentra en el Municipio de Mazatlán, Sinaloa, en donde se encuentran grandes plantaciones de esta especie, que es destinada a su procesamiento en forma artesanal en el lugar.

Al igual que en la zona tequilera, durante décadas el Agave ha sido cultivado en el estado de Sinaloa de una manera rústica y por consiguiente, se le daba escaso o nulo manejo.

En la década de los 1990's, la escasez de la materia prima incrementó su costo y en consecuencia, repercutió en el producto final que es el tequila. Lo anterior, fue un aliciente para aumentar la superficie de plantación e implementar nuevas estrategias para obtener mayores volúmenes, adoptando tecnologías utilizadas en la explotación de cultivos en forma intensiva como son principalmente el uso de herbicidas y la fertilización.

En la actualidad, varias regiones han comenzado a utilizar la aplicación de abonos orgánicos y de fertilizantes químicos, con el fin de aportar los tres elementos nutricionales, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

En el Agave Tequilana existen pocos reportes sobre un paquete tecnológico y aún no se cuenta con publicaciones que reporten experimentos al respecto, probablemente porque los estudios, se ven afectados por su largo ciclo biológico.

La aplicación de fertilizantes foliares, también ha sido poco evaluada para este cultivo, por lo tanto el presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de algunos productos que se administran por vía foliar.

## **1.1 Objetivo**

Evaluar la respuesta del cultivo de *Agave tequilana*, Weber, variedad azul, a la aplicación de fertilizantes foliares.

## **1.2 Hipótesis**

La aplicación de fertilizantes foliares en el *Agave tequilana*, Weber, variedad azul induce mayor desarrollo vegetativo.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Descripción Botánica Del Agave

El termino Agave cuyo significado en griego es “admirable” fue clasificado por Carlos Linneo en 1753. “Su centro de origen es México, ya que en nuestro país se encuentran la mayor variabilidad y número de especies” (Valenzuela, 2003).

<b>Nombre científico:</b>	<i>Agave tequilana</i> Weber
<b>Familia:</b>	Agavaceae
<b>Nombre Comunes:</b>	Agave, agave azul, maguey tequilero
<b>Origen:</b>	Norteamérica
<b>Distribución:</b>	Desde 5 hasta 25° Latitud Norte
<b>Adaptación:</b>	Regiones subtropicales semiáridas y áridas, calidas, semicálidas y templadas
<b>Ciclo vegetativo:</b>	Semiperenne.
<b>Tipo fotosintético</b>	Mecanismo ácido crasuláceo (MAC)

(Ruiz, 1999)

Es una planta que se extiende radialmente, de 1.2 a 1.8 m de altura; tallo grueso, corto, de 30 a 50 cm de altura al madurar; hojas de 90 a 120 cm de largo, lanceoladas, acuminadas y de fibras firmes, casi siempre rígidas o estiradas cóncavas, de ascendentes a horizontales; más anchas hacia la mitad y angostas y gruesas hacia la base, generalmente de color glauco azulado o verde grisáceo. El margen de las hojas recto a ondulado, con dientes generalmente de tamaño regular y espaciados, en su mayoría de 3 a 6 mm de largo en la mitad de la hoja, ápices de los dientes delgados, curvos o flexos a poca altura de la base piramidal, de color café claro a oscuro, espina por lo general corta, de 1 a 2 cm de largo, achatada o abiertamente surcada de arriba, base ancha, color café oscuro, decurrente o no decurrente. La inflorescencia es una panícula de 6 a 7 m. de

altura y densamente ramosa, con 20 a 25 umbelas largas y en la base difusas; flores de 6.8 a 7.5 cm de largo con brácteas de los pedicelos éstos de 3 a 8 mm de longitud, perigonio verde, tubo floral de 10 mm de ancho, con 6 pétalos, erectos pero rápidamente flojos en la antesis, cambiando entonces a café; 6 estambres de color rosado, filamentos de 4.5 a 5.0 cm de largo doblados hacia el pistilo, insertos cerca de la base de tubo; las anteras de 2.5 cm de largo; ovario ínfero de 3.2 a 3.8 cm de largo, cilíndrico con cuello corto, casi terminado en punta en la base; fruto una cápsula ovada a veces cuspidada (García, 1997).

## **2.2 Fertilización tradicional en *Agave tequilana***

Según Chirinos (2000), 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. Cuando se cultiva en suelos con alto contenido calcáreo y provisto de nutrientes, se alcanza alta calidad y rendimiento. Los suelos arenosos muy pobres, pueden proporcionar rendimientos remunerativos solo si se fertilizan adecuadamente con potasio y cal.

Valenzuela (2003), comenta que por su largo ciclo y baja evaluación de resultados del producto, en el agave la investigación sobre fertilización ha sido desarrollada muy lentamente.

Yoldi (1999), reporta que cada año se fertiliza en tres ocasiones, dos de ellas con abonos orgánicos en la temporada de secas, y la tercera en la temporada de lluvias aplicando productos agroquímicos. Sin embargo de acuerdo con García (1997), muchos productores fertilizan sin conocimiento alguno, como si a mayor aplicación de producto acelerara la maduración de la planta.

La fertilización con productos químicos se realiza en forma manual, arrojando la dosis correspondiente a la base de la planta. La dosis varía en función de la clase de fertilizante que se aplique (Yoldi, 1999).

López (1990), fertilizó *A. tequilana*, con una dosis de 120-40-30 por hectárea, que mostró un incremento en 1.3 hojas por planta más respecto de un testigo sin fertilización.

El mismo autor observó en *A. tequilana*, con una dosis de 80-80-30 por hectárea, obtuvo incrementó en el numero de hojas en 1.50 hojas por planta, respecto de un testigo sin fertilización.

López (1990), Fertilizó con la dosis 120-80-30 por hectárea, encontró un respuesta con un incremento de 2.325 hojas por planta.

Pimienta (2003), encontró una fuerte relación entre la concentración de nitrógeno en la planta y la fracción de biomasa distribuida a las hojas. Esta relación se atribuye al hecho de que el nitrógeno incrementa el crecimiento primario en las plantas, y este estimula la fuerza de la demanda de fotosíntesis; cuando el suministro de nitrógeno es restringido no hay efecto de la fotosíntesis en el crecimiento, y es común que se acumule almidón en las células. Las aplicaciones altas de nitrógeno al suelo incrementa los requerimientos de la planta de potasio (K) y magnesio (Mg), debido a que ambos son importantes en el procesos de carga de floema, y en particular el Mg para la síntesis de clorofila y el K en la fisiología de los estomas.

Chirinos (2000) comenta que el periodo de aprovechamiento de nutrientes es de seis años y para una población de 3200 plantas/ha se considera que las dosis que absorben de elementos requeridos, son elevadas. En el Cuadro 1, se mencionan las cantidades por hectárea que el cultivo toma de cada elemento.

**CUADRO 1. Cantidad de elementos que el Agave absorbe del suelo en seis años.**

Elemento	Cantidad de elementos (Kg/ha)
N	284
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	108
K <sub>2</sub> O	614
Mg	84
Ca	780

(Chirinos, 2000)

La elevada extracción de calcio explica el porqué esta planta rinde bien en suelos especialmente calizos y con pH de suelo entre 7.0 a 8.0. La extracción de

los nutrientes restantes, especialmente nitrógeno y potasio es de particular trascendencia para el rendimiento y para el sano desarrollo de la planta.

En forma práctica, los productores han adoptado la práctica de fertilizar en tres ocasiones, dos de ellas con abonos orgánicos en la temporada de secas, y la tercera en la temporada de lluvias aplicando productos agroquímicos. Sin embargo muchos productores fertilizan sin conocimiento alguno, sólo con el fin de acelerar la maduración de la planta. El abono orgánico lo miden por paladas y puede ser un cuarto, media palada, una completa, etc. Cuando está seco se puede decir que pesa entre 0.5 y 1 kilogramo por palada, siendo ésta la cantidad que se aplica en forma homogénea a todas las plantas y de todas las edades. La fertilización con productos químicos se realiza en forma manual, arrojando la dosis correspondiente a la base de la planta. La dosis varía en función de la clase de fertilizante que se aplique y es variable, pues se inicia con 80 gramos por planta y se va reduciendo de acuerdo con la edad de la misma, siendo la cantidad mínima 20 gramos (Yoldi, 1999).

Chirinos (2000) recomienda que las cantidades de nitrógeno que se apliquen en este cultivo no sean excesivas, ya que predisponen al cultivo a ser susceptible de enfermedades y menciona que requiere un adecuado aporte de magnesio ya que su deficiencia impide la adecuada absorción de nitrógeno y potasio.

## **2.3 Fertilización foliar**

De los factores que regulan el desarrollo y rendimiento de las plantas es quizás, la nutrición el más importante. La escasez de elementos esenciales, tradicionalmente se ha resuelto con la adición de sales minerales al suelo. Hasta hace unos años esto era suficiente, pero en la actualidad se ha hecho necesario buscar nuevos productos y desarrollar otras técnicas de aplicación a fin de mejorar la productividad. Una de las técnicas más difundidas y que ha alcanzando gran auge en muchos países en la nutrición de cultivos es la fertilización foliar (Sánchez, 2005).

Las raíces y tallos de las plantas terrestres son órganos funcionalmente separados, aunque dependientes. El tallo recibe los nutrientes a partir de la raíz

por el contrario, los metabolitos son translocados a la raíz, vía tallo. Esta diferenciación no es válida en las plantas acuáticas, las cuales ocupan aproximadamente dos tercios del reino vegetal. Estas crecen inmersas en un medio capaz de proporcionarles todos los factores de crecimiento; agua, nutrientes, CO<sub>2</sub> y luz difusa y todas las partes del vegetal son capaces de realizar las dos funciones básicas: Absorción de nutrientes y fotosíntesis. No es pues de extrañar que las hojas de las plantas terrestres conserven parte de esta capacidad ancestral de toma de elementos (Salisbury, 1994).

Con la fertilización foliar, también llamada epigea, no radicular, extra-radical, etc., se aportan nutrientes a las plantas a través de las hojas, básicamente en disoluciones acuosas. No se trata de un método reciente, puesto que ya en 1676, Mariotte abordó el problema de la absorción de agua por las hojas y en 1844, Gris utilizó FeSO<sub>4</sub>, en aplicación foliar para corregir síntomas de clorosis (Sánchez, 2005).

Bueno (2000), en la domesticación de plántulas de *Agave cocui*, se evaluó la respuesta a la fertilización química de varios fertilizantes (N, P, K, Ca) tanto en el suelo como foliar. Entre los resultados más relevantes destacó que la respuesta a los fertilizantes foliares fue mucho mejor que la respuesta a los fertilizantes aplicados al suelo, en términos de fijación de carbono y crecimiento.

### **2.3.1 Efectos de la fertilización foliar**

Según Sánchez (2005), las aplicaciones foliares de soluciones de nutrientes se utilizan especialmente cuando:

- La toma de elementos desde el suelo se encuentra limitada. Su disponibilidad en el suelo esta afectada por numerosos factores como el pH, nivel y calidad de la materia orgánica, actividad de los microorganismos, otros nutrientes presentes, etc.
- Además, durante ciertas etapas críticas del desarrollo de vegetal, las demandas metabólicas de nutrientes minerales pueden exceder temporalmente la capacidad de absorción de las raíces y la posterior

translocación para suplir las necesidades de la plantas. Esto es especialmente cierto en cultivos de crecimiento rápido.

- El suministro de nutrientes vía radicular, suele conllevar a veces grandes dosis de fertilizantes a aplicar, con los consiguientes efectos de contaminación.

La aplicación de fertilizantes foliares ha demostrado ser muy útil para la corrección de deficiencias de micronutrientes, los cuales son requeridos en pequeñas cantidades, resultando efectivas incluso si ésta es la única vía de penetración de los elementos. Tal vez sea la forma de aplicación mas efectiva para nutrientes tales como B, Cu, Mn, Fe y Zn. Está demostrada la corrección de clorosis en muchos cultivos tras la adición foliar de micronutrientes al producirse una regeneración de los cloroplastos, lo que conduce a un reverdecimiento de las hojas y un aumento de la actividad fotosintética. Para el caso de los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio, los fertilizantes foliares también son muy utilizados. En determinados cultivos y lugares, como es el caso de la piña de Hawaii, el 80% de N es adicionado vía foliar en combinación con hierro y zinc. Los mejores resultados se obtienen cuando se utilizan como suplemento de la fertilización al suelo. Así, se ha demostrado que la aplicación foliar de macroelementos previene la deficiencia de N en arroz en la última fase de cultivo, complementando así la nutrición radicular (Sánchez, 2005).

La fertilización durante el crecimiento tiene como fin satisfacer a la planta de nutrientes vitales, como el nitrógeno, en su periodo de demanda critica. La aspersion foliar es ampliamente usada para corregir deficiencias agudas, esta fertilización no puede ser un sustituto, sino un complemento de aplicaciones de fertilizantes al suelo (N.P.F.I., 1982).

La aplicación foliar de nutrientes no es hoy en día un sustituto de la fertilización al suelo excepto para elementos traza usados en pequeñas cantidades por la planta. No todos los tipos de plantas responden a la aplicación foliar de nutrientes, muchas características físicas y químicas de las hojas afectan la utilización adecuada de los fertilizantes aplicados por esta vía (Dávila, 1983).

### 2.3.2 Factores que determinan la eficacia de la aplicación foliar

Existen muchos factores que influyen en el buen funcionamiento de las fertilizaciones foliares. Básicamente todos ellos están relacionados con las características de la especie vegetal de que se trate, la disolución empleada y las condiciones ambientales.

El metabolismo ácido crasuláceo (MAC) se encuentra presente en algunos géneros de las familias Bromeliaceae (piña), Agavaceae (agave, sisal), Orchidaceae, Cactaceae, Compositae, Amaryllidaceae, Euphorbiaceae y por supuesto en la familia Crassulaceae. Hasta ahora se conocen más de 28 familias con plantas MAC, entre monocotiledóneas y dicotiledóneas (Hernández, 2002).

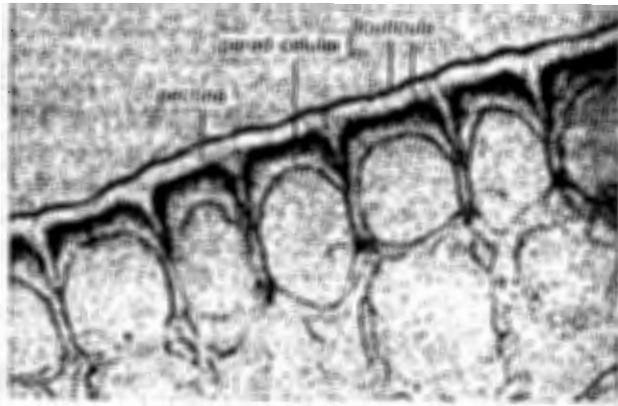
Así mismo el agave es una planta, que cuenta con rasgos anatómicos y morfológicos que minimizan la pérdida de agua, incluyendo cutículas gruesas, relaciones bajas de superficie/volumen, células con vacuolas grandes con alta capacidad de almacenamiento de agua (suculencia) y baja frecuencia de estomas (Pimienta, 2003).

En las hojas delgadas de plantas C3, la relación volumen/área ( $v/a$ ) es generalmente de 0.1 a 0.2 mm, estos valores son mas altos en el *Agave tequilana* donde la relación  $v/a$  de órganos fotosintéticos es 3.3 mm, grosor de la cutícula 22  $\mu$ m, frecuencia de estomas (70 por  $\text{mm}^2$  longitud del poro estomático 33 mm, grosor del clorénquima 1.5 mm, profundidad promedio de las raíces 15-20 cm (Pimienta, 2003). Esto es importante porque, como menciona Sánchez (2005), la cutícula que recubre la epidermis de las hojas es una barrera inicial al paso de sustancias acuosas, en especial, la capa de cera es fuertemente hidrófoba, por ello para que se puedan introducir las soluciones es necesario que éstas sean de naturaleza lipófila, o bien será preciso añadir ciertas sustancias surfactantes, humectantes, penetrantes, sustancias de crecimiento y transportadores de iones, que faciliten la adhesión a la superficie foliar.

Entre las partes aéreas de las plantas, las hojas son las más activas en la absorción de las sustancias aplicadas, pues tienen una mayor superficie expuesta. La efectividad de la fertilización foliar depende en gran medida de la cantidad absorbida de la sustancia a través de la superficie siendo importante la

composición química de las hojas y su traslado por los conductos floemáticos, requiriendo un gasto de energía metabólica.

La cutícula principalmente está formada por pectinas, ceras y fibras celulósicas (Figura 1), que actúan en el pasaje de las sustancias, a través de grupos hidrófilos que dejan pasar agua y iones y grupos lipofílicos que dejan pasar



**FIGURA 1. Estructura fina de la cutícula situada sobre la superficie superior de la hoja (Salisbury y Ross, 1994)**

sustancias no-polares, es decir, que no tienen cargas eléctricas. Una vez atravesada la cutícula, las sustancias traspasan las paredes de la hoja a través de los ectodermos que son espacios con una densidad menor de microfibrillas en las zonas de las paredes primarias y secundarias. Las paredes también poseen propiedades hidrofílicas y lipofílicas. Las sustancias absorbidas deben franquear las membranas celulares por medio de una absorción activa, requiriendo en este caso un gasto energético (Rodríguez, 1996).

Por lo anterior es evidente, que la cutícula es la primera barrera que debe ser superada por las aspersiones de compuestos químicos al follaje, para posteriormente entrar en contacto con el protoplasma.

Se ha encontrado que la absorción foliar esta en relación directa con los estomas y que esta abertura se favorece con mayor humedad atmosférica, temperatura ambiental adecuada y mayor disponibilidad de agua en el suelo.

Se ha descubierto que la abertura y cierre de los estomas ocurre debido a la morfología celular, en la que intervienen activamente las células que bordean al

poro, ya que éstas actúan de modo oclusivo al llenarse de agua a saturación, o bien se alargan y quedan abiertas y flácidas si pierden agua.

La tasa de absorción de los nutrientes aplicados foliarmente a la planta varía de acuerdo a la situación ambiental, concentración en la superficie de la hoja y la deshidratación de las gotas aplicadas, el ángulo de contacto de la solución aplicada y la superficie notada. Las hojas jóvenes absorben mejor que las viejas.

Elementos de movilidad elevada como N, P y K, cuando se aplican a las partes aéreas de las plantas, se desplazan fácilmente hacia arriba y a una velocidad comparable a la que siguen cuando se absorben por las raíces.

El fósforo se acumula rápidamente en los meristemos apicales tales como las puntas de las raíces, los puntos vegetativos del crecimiento, las flores, los frutos y las semillas e incluso en los nódulos de las raíces de las legumbres de unas horas (Dávila, 1983).

### **2.3.3 Ventajas y desventajas de la fertilización foliar**

Parte de los nutrientes que requieren los cultivos se pueden proporcionar aplicando directamente sobre el follaje soluciones de fertilizante. La nutrición foliar se ha consolidado como una técnica útil en el manejo nutricional de muchos cultivos y presenta varios beneficios potenciales, entre otros:

- Suministrar nutrientes durante los periodos de máxima demanda, cuando se desea obtener una respuesta inmediata.
- Suministrar ciertos nutrientes, como el zinc, cuando las condiciones del suelo o del cultivo no permiten la absorción de esos nutrientes por la raíz.
- Aplicar en forma oportuna y precisa los nutrientes que guardan relación con las características de calidad de las plantas que se están cultivando.
- Reducir la lixiviación del nitrato en ciertos sistemas del cultivo.
- Proporcionar una fuente de nutrientes que satisfaga temporalmente las demandas del cultivo hasta que sea posible aplicar fertilizantes al suelo (Man, 2004).

Gutiérrez (1983) considera una ventaja específica de la fertilización foliar el que los nutrientes aplicados al follaje penetren en las hojas con rapidez y pueden ser disponibles para la planta en los momentos críticos y menciona que los macroelementos necesarios para la planta pueden aplicarse favorablemente, aunque solo sea una parte de la necesidad total, no obstante resulta un aporte significativo.

Muchos cultivos en primavera o verano tienen grandes necesidades de fertilizantes y la absorción por las raíces es limitada, por otro lado las hojas son pequeñas y limitadas en número, lo que trae como consecuencia una baja superficie foliar para poder maximizar la absorción de nutrientes aplicados al follaje (Gutiérrez, 1983).

Por otra parte, entre las desventajas que pueden citarse para la fertilización foliar, es el porcentaje tan bajo de aplicación de fertilizantes y que el contacto es sólo por unas horas, por lo que se debe repetir y usar coadyuvantes. Además las hojas no pueden solubilizar sustancias como las raíces.

Es de mucha importancia el hecho de que las aplicaciones foliares deben realizarse en las primeras horas de la mañana o bien al atardecer para evitar quemaduras al follaje y pérdidas por evaporación y conseguir así una mayor absorción de los nutrientes.

Otra desventaja es que cuando las lluvias son prolongadas, las sustancias aplicadas pueden ser lavadas de la superficie de las hojas, lo que impide su correcta asimilación (Dávila, 1983).

## **2.4 Reguladores de Crecimiento**

Ruíz (1990), menciona que la presencia en las plantas de hormonas reguladoras del crecimiento fue sugerida por primera vez por Julius Von Sachs en la segunda mitad del siglo XIX, cuando indicó que debían existir en las plantas sustancias formadoras de órganos que eran producidas en las hojas y transportadas hacia abajo al resto de la planta.

Las hormonas son por definición, compuestos orgánicos sintetizados por las plantas superiores que influyen sobre el crecimiento y desarrollo; actúan en lugar

diferente a donde se producen y se encuentran presentes y activas en muy pequeñas cantidades.

Actualmente se han desarrollado muchos compuestos sintéticos que tienen la misma constitución y función que las hormonas, éstos son los llamados reguladores de crecimiento y son los responsables de la distribución de los compuestos que la planta biosintetiza además de que determinan el crecimiento relativo y la diferenciación de muchas partes de la planta (Martínez, 2004).

El efecto de los reguladores de crecimiento en las plantas, ha sido ampliamente estudiado, se tienen reportes de su acción en el incremento de la producción, tanto en calidad como en cantidad.

Rodríguez (1994), aplicó tratamientos con fitohormonas utilizando los productos Bayfolan y Biogen, en chile poblano (*Capsicum annum*, L). Tomando en cuenta el número de frutos por planta por corte, no denotó diferencia significativa, y aunque los datos de campo estaban a favor del Biogen la respuesta no fue estadísticamente significativa.

Mendel (1993), en la investigación del efecto del regulador Byozime T.F. en tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad Río Grande, menciona que en una sola aplicación de Byozime T.F. en la etapa fenológica de amarre de fruto, aumentó en un 38.8% el rendimiento, asimismo concluyó que la planta obtuvo un mayor número de racimos y mayor porcentaje de amarre de fruto.

Algunas acciones biológicas de reguladores de crecimiento se describen a continuación:

#### **2.4.1 Citocininas**

Las citocininas son sustancias derivadas de la purina llamada adenina, que también es un componente de los ácidos nucleicos. Se caracterizan por su capacidad de intervenir, junto con el ácido Indolacético (AIA) en la activación de la división celular en plantas que crecen sobre medios artificiales y especialmente por intervenir en la diferenciación de los tejidos. La cinetina es la primera citocinina descubierta (Hill, 1977).

Las citocininas provocan la división celular y regulan la diferenciación de los tejidos cortados, se requiere citocinina tanto en la división como en la diferenciación celular, actúan junto con las auxinas para determinar el desarrollo celular. Una importante función es que retardan el envejecimiento de los tejidos (Weaver, 1985).

El término citosina surgió como nombre genérico de una serie de sustancias, naturales o sintéticas, capaces de estimular la división celular, la morfogénesis (iniciación de tallos, formación de yemas, etc.); contrarresta la retrasan la senescencia eliminan en algunos casos la dormancia de semillas. Como las hormonas vegetal, ejercen un amplio abanico de efectos sobre el desarrollo de las plantas. No obstante y dado que las interacciones, sinérgicas o antagónicas, entre auxinas y citoquininas, que explica una serie de procesos fisiológicos, entre los que se incluye la regulación de la división celular (Azcón y Talón, 2000)

## **2.4.2 Auxinas**

Auxinas es un término genérico que designa a los compuestos caracterizados por su capacidad para inducir el alargamiento de las células. Son producidas por los tejidos meristemáticos apicales del tallo. Promueven el desarrollo de raíces laterales, aún a muy bajas concentraciones; pueden participar en las respuestas de crecimiento de tallo y raíz al estímulo de luz y gravedad. Inhibe el desarrollo de yemas laterales y estimula la dominancia apical (Hill, 1977).

Del mismo modo, Weaver (1985), reporta que las auxinas pueden iniciar la floración e inducir el amarre de frutos y su desarrollo en algunas especies. El amarre de frutos se incrementa sobre todo en especies con frutos de muchas semillas, como el chile y las cucurbitáceas. La aplicación de auxinas a frutos jóvenes y en desarrollo, incrementa su tamaño; además se adelanta la maduración de algunos frutos.

Rodríguez (1994), recomienda que el uso de los reguladores de crecimiento en las plantas debe ser en concentraciones muy bajas, y hay que ser muy

precisos al elegir la dosis, el modo y momento de aplicación, pues de lo contrario los resultados pueden ser contraproducentes. Este mismo autor menciona que algunos factores pueden modificar el resultado de la aplicación de las fitohormonas. Por Ejemplo:

- La utilización de adherentes y el tamaño de partícula alcanzada con las aspersoras. debiéndose seguir las normas acerca de la cantidad de materia activa a emplear por unidad de superficie o volumen de agua.
- El pH y las sales presentes en la mezcla a aplicar. Se recomienda con pocas sales y pH del orden de 6.5.
- La temperatura y la humedad ambiental en el momento de la aplicación. Debe procurarse que la temperatura se encuentre entre 18°C y 25°C y la humedad relativa por encima del 75%. De esta forma se facilita la absorción y se impide la desecación rápida de la mezcla en caso de aplicación foliar.

### **2.4.3 Giberelinas**

Las giberelinas son sustancias derivadas del ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) que fue encontrado por primera vez en el hongo *Gibberella fujikuroi* y se puede obtener a partir del medio líquido en que el hongo haya sido cultivado. Son fitohormonas que se encuentran en casi todas las plantas. Actualmente existen cuando menos 37 compuestos giberélicos conocidos, algunos se encuentran en el hongo y otros están presentes solo en plantas superiores. Las giberelinas pueden encontrarse en forma libre, o bien asociadas con algunas otras sustancias como azúcares o proteínas. Generalmente, se encuentran en tejidos jóvenes y en puntos de crecimiento de las plantas o en semillas en proceso de desarrollo (Hill, 1977).

La aplicación de esta fitohormona a los tallos, produce un incremento de la división celular en el meristemo subapical y provoca el crecimiento rápido de plantas arrosetadas, este efecto es el resultado de la producción de células. También puede romper la dormancia en semillas, incrementa la dominancia apical, aumenta el tamaño de los frutos jóvenes en algunos cultivos como el apio y algunos pastos (Weaver, 1985).

Hill (1977) menciona que las giberelinas producen partenocarpia en algunas plantas y actúan como cofactor de las auxinas.

González (1986), menciona que normalmente, la acción de las giberelinas en la senescencia se inhibe mediante la adición de etileno. Asimismo, el efecto de las giberelinas está correlacionado con un incremento en el consumo de oxígeno y un alto nivel de fósforo, lo cual sugiere una actividad mitocondrial. Las Giberelinas pueden provocar la expansión celular mediante la inducción de enzimas que debiliten las paredes celulares.

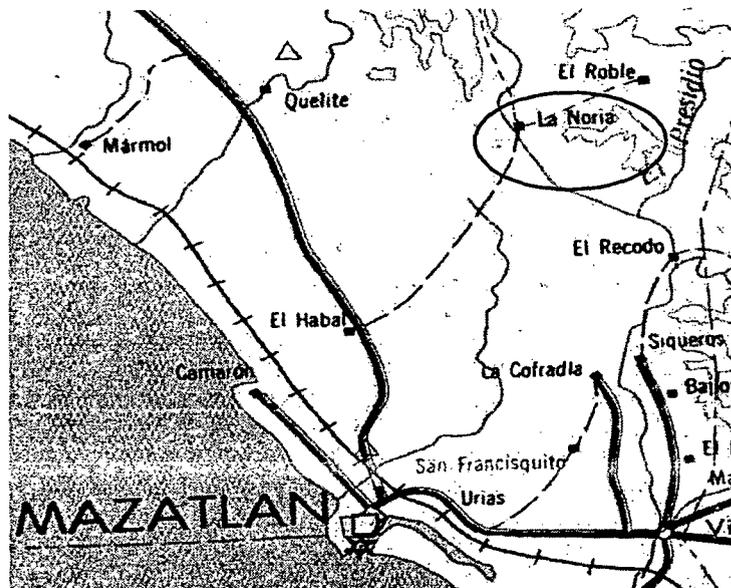
Luevano y col. (1987), de acuerdo con los resultados en la espinaca (*Spinacia oleracea*, L) respecto al rendimiento fresco total con unos niveles de ácido giberélico de 50, 75, 125, 150, 175, 200 ppm, aplicados a los 40 días de edad de la planta, produjeron diferencias significativas, sólo en la variable respuesta longitud de pecíolo respecto al testigo. Los diversos tratamientos de ácido giberélico no ocasionaron efectos significativos en el rendimiento fresco total, pero sí se observó un acortamiento del período siembra-cosecha. En todos los casos de plantas tratadas, se observó un porte de planta más erecto que el normal, sin que esto llegara a modificar el carácter hoja lisa normal.

# III MATERIALES Y MÉTODOS

## 3.1 Localización y descripción de la región

### 3.1.1 Localización

El presente trabajo se llevó a cabo en un predio de la vinata, "Los Osuna", propiedad del Ing. Alfonso de Jesús Pelayo Osuna en la localidad La Noria, del Municipio de Mazatlán, en el estado de Sinaloa; ubicada en las coordenadas  $23^{\circ} 30.5'$  de latitud norte y  $106^{\circ} 19.5'$  de longitud oeste (*datum NAD27*), con una altitud de 166 m.s.n.m. (INFOAGRO, 2005). La ubicación geográfica de la localidad La Noria puede observarse en la Figura 2.



FUGURA 2. Ubicación geográfica de la localidad "La Noria", Mazatlán, Sin.

### 3.1.2 Climatología

En la localidad se presenta una temperatura promedio anual de  $24.34^{\circ}\text{C}$  con una temperatura mínima de  $16.84^{\circ}\text{C}$  y la máxima de  $31.85^{\circ}\text{C}$ . La precipitación

pluvial anual es de 1,358.8 mm con una evaporación de 1,677.48 mm y cuenta con 4,415.58 horas luz (INFOAGRO, 2005)

### 3.1.3 Suelo

Los suelos de esta región se clasifican como Regosol, que se caracteriza por no presentar capas distintas, son claros y se parecen a la roca que les dio origen, se pueden presentar en muy diferentes climas y con diversos tipos de vegetación, su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentren. Con una combinación de Cambisol-cromico es un suelo joven, poco desarrollado, de cualquier clima, menos zonas áridas, con cualquier tipo de vegetación, en el subsuelo tiene una capa con terrones que presentan un cambio con respecto al tipo de roca subyacente, con alguna acumulación de arcilla y calcio. Susceptibilidad de moderada a alta a la erosión (INFOAGRO, 2005). En la Figura 3, se muestra el mapa de suelos de la región.

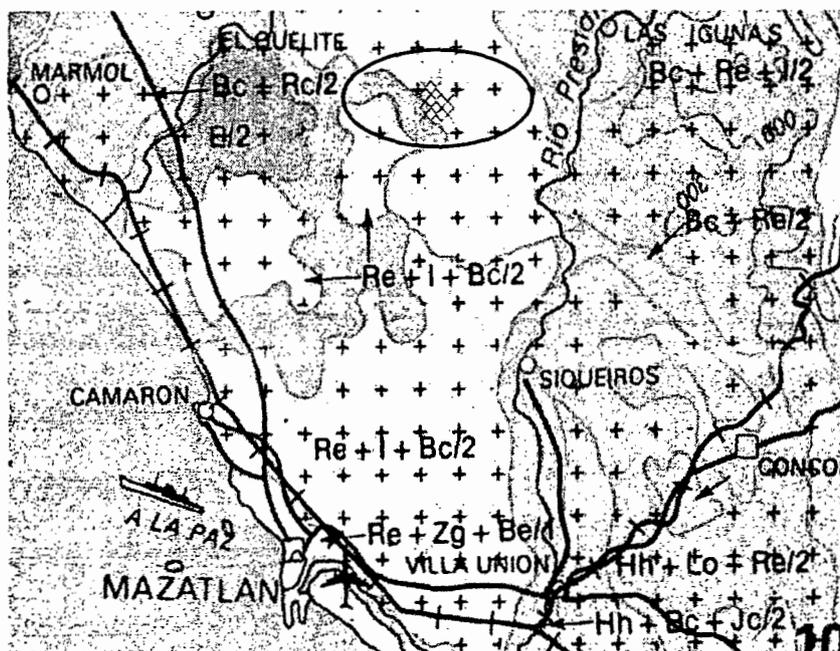


FIGURA 3. Mapa de suelos de la región del estudio

## 3.2 Material vegetal

El presente estudio de fertilización se estableció en una plantación cuyos hijuelos provienen de plantas certificadas como *Agave tequilana* Weber variedad azul producidos en el estado de Jalisco.

La plantación se realizó durante el mes de septiembre de 2003, con una densidad de población aproximada a 3,000 plantas por hectárea.

La distancia entre planta y planta fue de 1.10 m y de tres metros entre surco y surco, la plantación contaba con una edad de dos años al momento de establecer el experimento.

## 3.3 Material químico

Para el presente estudio se utilizaron tres fertilizantes foliares comerciales:

- **Bioforte + adherente**
- **Agro-K+ maxi-grow + adherente**
- **Triple 18 ultrasol + adherente**

**Bioforte + adherente**: es un producto que se clasifica como un fitoregulator completo con alta concentración de citocininas de aplicación foliar.

Contiene auxinas, giberelinas y citocininas; macroelementos, microelementos, y vitaminas para intensificar los procesos metabólicos de las plantas, estimulando al máximo su potencial genético, y contiene los elementos que se muestran en el Cuadro 2.

**CUADRO 2. Composición del fertilizante Bioforte**

COMPONENTE		CONCENTRACIÓN	
Citocininas		2,197.95	ppm
Giberelinas		33.50	ppm
Auxinas		34.70	ppm
Nitrógeno	(N)	7.40	g/L
Fósforo	(P)	14.70	g/L
Potasio	(K)	15.50	g/L
Calcio	(Ca)	3.70	g/L
Magnesio	(Mg)	6.20	g/L
Fierro	(Fe)	28.30	g/L
Zinc	(Zn)	35.70	g/L
Manganeso	(Mn)	14.80	g/L
Cobre	(Cu)	7.20	g/L
Boro	(B)	5.30	g/L
Cobalto	(Co)	3.10	g/L
Azufre	(S)	53.00	g/L
Molibdeno	(Mo)	5.30	g/L
Acido fólico		1.25	ppb
Acido pantoténico		15.82	ppb
Riboflavina		1.57	ppb
Colina		952.94	ppb
Niacina		135.67	ppb
Tiamina		145.67	ppb
Diluyentes y acondicionadores		12.40	%

**Triple 18 ultrasol + adherente;** es un fertilizante que contiene 18 unidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N-P-K) y está elaborado en una presentación ultra soluble, lo que permite utilizarlo tanto en fertirrigación como en aplicación foliar.

**CUADRO 3. Composición del fertilizante Triple 18 ultrasol**

Elemento	Unidades
Nitrógeno	18
Fósforo	18
Potasio	18

**AGRO-K Amino** es un nutriente para aplicación foliar con alta concentración de potasio y fósforo. La formulación de AGRO-K Amino con la adición de L-aminoácidos además de los extractos de origen orgánico, como puede observarse en el Cuadro 4, estos elementos proporcionan múltiples beneficios en el desarrollo y rendimiento de las plantas.

**CUADRO 4. Composición del fertilizante Agro-K**

<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>PORCENTAJE EN PESO</b>
<b>Fósforo disponible como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>32%</b>
<b>Potasio disponible como K<sub>2</sub>O</b>	<b>53%</b>
<b>L-aminoácidos</b>	<b>3%</b>
<b>Extractos de origen orgánico</b>	<b>2%</b>
<b>Inertes</b>	<b>10%</b>
<b>Total:</b>	<b>100%</b>

Los L-aminoácidos son los elementos estructurales de los cuales están formadas las proteínas. Algunas de estas proteínas son enzimas, cuya función más importante es regular el metabolismo celular. La adición de L-aminoácidos en la formulación de AGRO-K Amino permite a la planta formar proteínas de manera rápida y con menor gasto de energía. Este ahorro de energía favorece un mejor balance entre la fotosíntesis y la respiración, así como una mayor asimilación de los nutrientes contenidos en AGRO-K Amino en favor de un cultivo más productivo. Para mejores resultados sugerimos aplicar el AGRO-K Amino junto con el bioestimulante Maxi-Grow.

Según el manual PLM (2004), es muy conveniente la combinación de AGRO-K con el producto Maxi-grow, ya que las plántulas tratadas con esta mezcla manifiestan un mayor desarrollo radicular y en general mayor vigor que repercute en un mayor peso y una mayor resistencia a factores adversos. Los elementos

que componen éste producto, se enlistan en el Cuadro 5, así como su porcentaje total.

**CUADRO 5. Composición del fertilizante Maxi-grow**

<b>COMPOSICIÓN</b>		<b>Gramos/litros</b>
<b>Combinación de extractos orgánicos</b>		67.300
<b>Auxinas</b>		0.134
<b>Giberelinas</b>		0.029
<b>Citocininas</b>		0.112
<b>Nitrógeno</b>	<b>(N)</b>	11.200
<b>Fósforo</b>	<b>(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	11.200
<b>Potasio</b>	<b>(K<sub>2</sub>O)</b>	11.200
<b>Calcio</b>	<b>(Ca)</b>	2.200
<b>Magnesio</b>	<b>(Mg)</b>	0.600
<b>Hierro</b>	<b>(Fe)</b>	2.200
<b>Zinc</b>	<b>(Zn)</b>	2.200
<b>Manganeso</b>	<b>(Mn)</b>	1.700
<b>Cobre</b>	<b>(Cu)</b>	0.700

### **3.4 Desarrollo del experimento**

En este trabajo se evaluaron los tres fertilizantes foliares en dos dosis cada uno. El arreglo de tratamientos fue un factorial 3 x 2 en donde el factor A se constituyó con los tres fertilizantes foliares y el factor B las dos dosis (Cuadro 6), dando una combinación de seis tratamientos de fertilización. Los seis tratamientos se establecieron en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones.

El experimento se realizó en tres lotes de 60 X 30 m, formados por 20 filas de agave con la densidad poblacional ya mencionada.

En el Cuadro 6, se muestran los tratamientos formados por fertilizantes y las dosis, así como las claves que se utilizaron para la identificación de los

mismos, cabe mencionar que la clave A se refiere a una dosis sencilla o simple y la clave B se destinó para una dosis doble.

**CUADRO 6. Tratamientos de fertilización foliar utilizados en el experimento**

Clave	Tratamiento	Dosis
1 A	Bioforte + adherente	2 lt/ha
1 B	Bioforte + adherente	4 lt/ha
2 A	Triple 18 ultrasol + adherente	6 kg/ha
2 B	Triple 18 ultrasol + adherente	12 kg/ha
3 A	Agro-k + maxigrow + adherente	2 lt/ha
3 B	Agro-k + maxigrow + adherente	4 lt/ha

La fecha de plantación se realizó el mes de septiembre de 2003. La aplicación de los tratamientos se realizó a los 16 meses de la plantación y la segunda aplicación de los tratamientos fue a los 30 días posteriores. Los tratamientos fueron aplicados con aspersora manual (mochila), cuidando que la hora de aplicación fuera en la mañana, antes de las 10:00 AM.

Los datos fueron tomados los días 27 y 28 de mes de abril de 2005, 60 días posteriores de la aplicación de los tratamientos. Las variables medidas en cada tratamiento fueron:

- 1. Altura de planta:** Distancia del nivel del suelo hasta la punta sobresaliente del cogollo, tomando el dato en centímetros.
- 2. Ancho de la hoja:** Se consideró la parte más ancha de la hoja, tomando el dato en centímetros.
- 3. Longitud de la hoja:** Del extremo de la hoja en la base del tallo, hasta la parte apical de la misma tomando el dato en centímetros.
- 4. Diámetro de tallo:** Se determinó el diámetro, considerando la parte media de la piña y se tomó el dato en centímetros.
- 5. Numero de hojas:** Se consideró el total de las hojas de la/piña.

6. **Área foliar:** Este dato se obtuvo multiplicando el ancho por el largo de la hoja.
7. **Área foliar total:** este dato se obtuvo multiplicando el área foliar por el número total de hojas.

Dentro de cada unidad experimental se tomaron al azar diez plantas en donde se midieron las variables descritas anteriormente. Con las medias de cada unidad experimental se llevó a cabo un análisis de varianza y un análisis de correlación simple entre pares de variables. Los análisis estadísticos se realizaron usando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS).

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 7 se presentan los datos de campo obtenidos en el desarrollo del experimento, en donde pueden observarse también el producto (Factor A) y su dosis (Factor B).

**CUADRO 7. Datos de campo de la evaluación de fertilizantes foliares en *A. tequilana***

PRODUCTO	DOSIS	REP	DIAMETRO DE TALLO	ALTURA DE PLANTA Cm	LONGITUD DE HOJA Cm	ANCHO DE HOJA Cm	NUMERO DE HOJAS	AREA FOLIAR cm <sup>2</sup>	AREA FOLIAR TOTAL cm <sup>2</sup>
Bioforte + adherente	2 lt/ha	1	13.5	75.4	65.4	5.7	31.9	369.20	11778.40
		2	11.6	67.0	64.3	4.7	25.9	302.20	7827.20
		3	10.4	61.4	55.5	4.3	21.8	239.80	5226.80
		4	8.8	59.8	56.1	4.2	17.8	233.70	4164.10
	4 lt/ha	1	11.3	58.4	58.8	5.5	25.4	320.50	8139.70
		2	11.0	64.1	54.3	5.4	25.2	284.50	7170.20
		3	11.8	69.2	62.3	5.5	27.8	341.40	9491.00
		4	11.6	66.0	54.6	5.4	26.3	292.10	7682.50
Triple 18 Ultrasol + adherente	6 kg/ha	1	14.1	77.0	67.7	5.6	34.4	379.10	13041.70
		2	12.1	65.4	60.4	4.7	33.2	280.90	9324.60
		3	9.9	67.2	64.6	4.6	28.2	297.20	8379.90
		4	9.8	67.5	65.8	5.2	25.5	342.20	8725.10
	12 kg/ha	1	11.4	72.3	65.5	5.8	25.0	379.90	9497.50
		2	11.0	70.1	63.5	5.6	28.7	357.3	10205.70
		3	11.5	73.3	63.0	5.8	30.0	355.60	10962.00
		4	8.0	53.1	54.9	4.4	15.5	241.60	3744.20
AgroK + Maxigrow+ adherente	2 lt/ha	1	11.8	67.2	53.8	4.5	18.1	239.20	4329.30
		2	11.8	64.0	55.0	4.5	15.6	247.50	3861.00
		3	10.8	64.7	55.7	4.3	15.0	239.50	3592.70
		4	10.3	66.4	58.1	4.4	13.6	255.40	3476.70
	4 lt/ha	1	10.8	61.9	56.0	4.6	17.8	254.60	4531.40
		2	11.2	63.1	56.2	4.8	16.6	269.80	4478.00
		3	10.8	65.0	60.8	5.6	18.9	337.40	6377.60
		4	11.9	72.5	65.5	5.7	20.6	373.40	7691.00

En el Cuadro 8 se presenta análisis de varianza para cada variable media, así como el resultado de significancia para cada una de las variables y fuentes de variación.

**CUADRO 8 Cuadrados medios del análisis de varianza para dosis de fertilizante foliar en *Agave tequilana***

FV	GL	ALTURA DE PLANTA (cm)	ANCHO DE HOJA (cm)	AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	AREA FOLIAR TOTAL (cm <sup>2</sup> )	DIAMETRO DE TALLO (cm)	LONGITUD DE HOJA (cm)	NUMERO DE HOJAS (núm)
Repetición	3	21.5	0.16	1531.66	7002325.5	4.77	6.48	34.26
Fertilización	2	22.3	0.38	5729.62	40680064.0 **	0.13	67.56 *	245.00 **
Dosis	1	8.0	2.27 **	6334.50	1623936.0	0.27	2.03	0.42
Interacción	2	2.4	0.07	1507.25	5369728.0	0.98	31.10	42.05
Error	15	38.1	0.25	2477.50	4703027.0	1.4	18.10	14.06
C.V.		9.3	10.1	16.49	29.96	10.80	7.10	16.10
Medias		66.3	5.02	301.77	7237.4	11.12	59.90	32.28

\* Significativo \*\*Altamente significativo

En el cuadro anterior se observan con diferencia significativa longitud de hoja y diferencias altamente significativas para área foliar total (AFT) y número de hojas (NH) en el factor Fertilización, y para el factor Dosis; solo la variable ancho de hoja (AH) presenta alta significancia.

Los resultados anteriores indican que al menos uno de los tratamientos de fertilización ocasiona cambios en la expresión de las variables medidas.

Con el fin de identificar los tratamientos que promovieron en mayor grado la expresión de los caracteres estudiados se realizó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.01 de probabilidad.

En el Cuadro 9 podemos observar las medias de los factores A y B considerados en el análisis. Para el factor A es notorio ver que el producto Triple 18 ultrasol (2) es el que presenta valores más altos en la mayoría de las variables en comparación con los otros dos productos y podemos considerar que éste nos genera plantas con mayor altura, mayor longitud y ancho de hojas así como un mayor número de hojas viéndose reflejado en el área foliar y generando un porte de planta más grande respecto a los tratamientos Bioforte + adherente (1) y AgroK + Maxigrow (3) que solamente son superiores respecto a diámetro de tallo.

El efecto obtenido en el producto Triple 18 ultrasol (2), pudo ser ocasionado por el alto contenido de macroelementos, coincidiendo con Sánchez (2005) quién demostró que con la aplicación de macroelementos previene la deficiencia de nutrientes en el cultivo de arroz y piña. La piña puede asimilar hasta un 80% del nitrógeno necesario para desarrollo fisiológico del cultivo a través de la fertilización foliar, y los mejores resultados se obtienen cuando se utilizan como suplemento de la fertilización al suelo. Es posible por ser el mismo metabolismo (MAC) que el agave pudiera asimilar los macroelementos como el nitrógeno de manera similar que la piña.

De igual manera Bueno (2000), demostró que en plántulas de *Agave cocui*, donde evaluó la respuesta a la fertilización química de varios fertilizantes (N, P, K, Calcio (Ca)) los fertilizantes foliares fueron mejores que los fertilizantes aplicados al suelo. Siendo estas de la misma familia que el *Agave tequilana*, estos resultados obtenidos, apoyan la respuesta a la aplicación foliar de el producto Triple 18 ultrasol (2), que contiene macroelementos esenciales para desarrollo de la planta.

Para el factor B (Dosis), la dosis sencilla nos da un tipo de planta diámetro ancho, plantas altas e longitud de hoja más larga y un número de hoja mayor. En el cuadro 10 se presentan las medias de las interacciones Producto x Dosis (A x B) donde se observan en forma detallada cada una de las combinaciones.

**CUADRO 9. Medias generales de los factores Producto (A) y Dosis (B)**

VARIABLE	PRODUCTO (FACTOR A)			DOSIS (FACTOR B)	
	Bioforte	Triple 18 ultrasol	AgroK + Maxigrow	SENCILLA	DOBLE
DIAMETRO DE TALLO	11.2	11.0	11.2	11.2	11.0
ALTURA DE PLANTA	65.1	68.2	65.6	66.9	65.7
LONGITUD DE HOJA	58.9 b	63.2 a	57.6 b	60.2	59.6
ANCHO DE HOJA	5.1	5.2	4.8	4.7 b	5.3 a
NUMERO DE HOJAS	25.3 a	27.6 a	17.0 b	23.4	23.2
AREA FOLIAR	297.9	330.2	277.1	285.5	318.0
AREA FOLIAR TOTAL	7684.9a	9235.0a	4792.2b	6977.29	4243.9

Área total foliar:  $DMS_{0.05} = 3,269$

Ancho de hoja:  $DMS_{0.01} = 0.93$

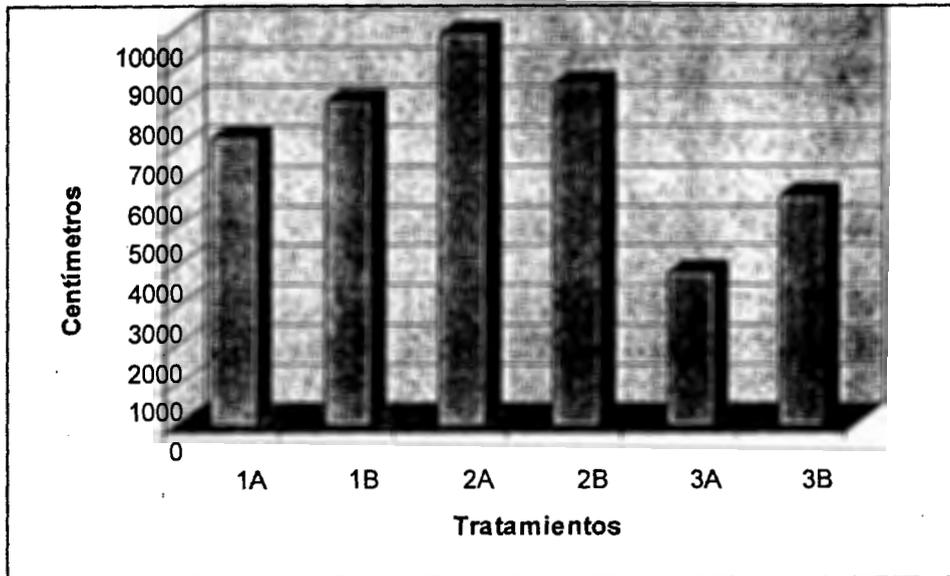
Longitud de hoja:  $DMS_{0.01} = 7.8$

Ancho de hoja:  $DMS_{0.01} = 6.8$

Letras diferentes indican diferencia significativas

En el Cuadro 10, puede observarse para la variable área foliar total que los tratamientos que promovieron mayor expresión en las plantas, fueron los Triple 18 ultrasol sencilla y Triple 18 ultrasol dosis doble y la diferencia de éstos con los demás tratamientos es grande. Este compuesto tiene la mayor concentración de macroelementos, a lo cual podría atribuirse los resultados obtenidos. El comportamiento anterior, concuerda con lo reportado por Sánchez (2004), que el agave puede asimilar los macroelementos como el nitrógeno, de manera similar a la piña que también es una planta MAC.

En la Figura 4, se muestra una gráfica comparativa de todos los tratamientos.



**FUGURA 4. Área foliar total de los tratamientos de fertilización en *A. tequilana***

En el Cuadro 10 para la variable ancho de hoja se observa que estadísticamente, sólo la media del tratamiento Agro-k + maxigrow + adherente con dosis sencilla fue diferente y más baja que las demás.

De igual forma se puede observar que los tratamientos Bioforte + adherente dosis doble y Agro-k + maxigrow + adherente con dosis sencilla, fueron los que reportaron menor longitud de hoja.

Para la variable Longitud de hoja (LH) y ancho de hoja (AH), los tratamientos Bioforte y Triple 18 Ultrasol, fueron mejores que el tratamiento Agro-k + maxigrow que contiene reguladores de crecimiento en mucho menor cantidad que en Bioforte, sin embargo, estadísticamente no hubo diferencias entre los tratamientos Bioforte y Triple 18 ultrasol con todas sus dosis sencilla.

De igual forma se puede observar que los tratamientos Bioforte dosis doble y Agro-K + Maxigrow con dosis sencilla, fueron los que reportaron menor longitud de hoja.

**CUADRO 10. Medias de la interacción Producto x Dosis (A xB)**

VARIABLE	DOSIS	Bioforte	Triple 18 ultrasol	AgroK + Maxigrow	Promedio
DIAMETRO DE TALLO	SENCILLA	11.1	11.5	11.2	11.2
	DOBLE	11.4	10.5	11.2	11.0
	Promedio	11.2	11.0	11.2	
ALTURA DE PLANTA	SENCILLA	65.9	69.3	65.6	66.9
	DOBLE	64.4	67.2	65.6	65.7
	Promedio	65.1	68.2	65.6	
LONGITUD DE HOJA	SENCILLA	60.3 a	64.6 a	55.6 b	60.2
	DOBLE	57.5 b	61.7 a	59.6 a	59.6
	Promedio	58.9	63.2	57.6	
ANCHO DE HOJA	SENCILLA	4.7 a	5.0 a	4.4 b	4.7
	DOBLE	5.4 a	5.4 a	5.2 a	5.3
	Promedio	5.1	5.2	4.8	
NUMERO DE HOJAS	SENCILLA	24.4 a	30.3 a	15.6 b	23.4
	DOBLE	26.2 a	24.8 a	18.5 b	23.2
	Promedio	25.3	27.6	17.0	
AREA FOLIAR	SENCILLA	286.2	324.8	245.4	285.5
	DOBLE	309.6	335.6	308.8	318.0
	Promedio	297.9	330.2	277.1	
AREA FOLIAR TOTAL	SENCILLA	7249.1 a	9867.8 a	3814.9 b	3627.5
	DOBLE	8120.8 a	8602.3 a	5769.5 a	4243.9
	Promedio	7684.9	9235.0	4792.2	

Área total foliar:  $DMS_{0.05} = 3,269$

Ancho de hoja:  $DMS_{0.01} = 0.93$

Longitud de hoja:  $DMS_{0.01} = 7.8$

Ancho de hoja:  $DMS_{0.01} = 6.8$

Letras iguales, significan medias iguales estadísticamente

En el Cuadro 11 se presenta la correlación para las variables medidas. Con los resultados obtenidos encontramos que para todas las variables existe correlación, destacando con los valores mas altos área foliar total con longitud de hoja con valores de 0.86 y 0.80 respectivamente, área foliar total con número de hojas con valore de 0.94 y área foliar con área foliar total con valor de 0.87. la variable diámetro de tallo, es la que presenta los valores más bajos de correlación con las variables número de hojas, ancho de hoja y área foliar con valores de 0.56, 0.53 y 0.53 respectivamente, además, esta misma con la variables longitud de hoja presentó el valor de correlación de 0.40 el más bajo y no significativo.

**CUADRO 11. Correlaciones entre las variables medidas en *A. tequilana***

Variable	Altura de planta	Diámetro de tallo	Número de hoja	Longitud de hoja	Ancho de hoja	Área foliar	Área Foliar total
Altura de planta	1.00						
Diámetro de tallo	0.74 **	1.00					
Número de hoja	0.60 **	0.56 **	1.00				
Longitud de hoja	0.74 **	0.40 *	0.66 **	1.00			
Ancho de hoja	0.64 **	0.53 **	0.61 **	0.61 **	1.00		
Área Foliar	0.76 **	0.53 **	0.68 **	<b>0.86 **</b>	<b>0.91 **</b>	1.00	
Área Foliar Total	0.74 **	0.61 **	<b>0.94 **</b>	<b>0.80 **</b>	0.78 **	<b>0.87 **</b>	1.00

\* Significativo \*\* Altamente significativo

$r_{0.05} = 0.404$

$r_{0.01} = 0.515$

## V CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizantes foliares en el *Agave tequilana*, Weber, variedad azul indujo mayor desarrollo vegetativo que se vio reflejado en la Longitud de Hojas, Ancho de Hoja, Número de Hojas y Área Foliar Total.

El producto que agronómicamente fue superior en el desarrollo vegetativo es el Triple 18 Ultrasol que tuvo influencia en el noventa por ciento de las variables medidas.

La aplicación de fertilizantes foliares en dosis simple es suficiente para el aprovechamiento de la planta.

Los fertilizantes foliares son un complemento de nutrición del agave, en la época de otoño-invierno.

## VI BIBLIOGRAFIA

1. Azcón B, J. y Talón, M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Edicions Universitat de Barcelona. Mc. Graw-Hill/ Interamericana de España. Pp 343
2. Bueno, L. 2000. Domesticación del Cultivo de *Agave cocui*, Trelease. Secretaría de Desarrollo Agrícola (S.D.A.), FUNDACITE, Estado Falcón, Venezuela.
3. Chirinos U.H. 2000. Fertilización del agave. Revista electrónica InfoAgro. [www.al-lab.com.mx](http://www.al-lab.com.mx)
4. Dávila S., M. 1983. Respuesta a fertilización foliar (P, K) en el cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa*, L) Guadalajara, Jal., Tesis profesional. CUCBA Universidad de Guadalajara.
5. Domínguez D., A. 2004. Crecimiento en el Pitayo de Queretaro (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum) y su relación con factores ambientales y ácido giberélico. Tesis Maestro en Ciencias Biológicas. División Ciencias Biológicas. CUCBA. Universidad de Guadalajara.
6. García H., J.J. 1997, Estudio del cultivo de maguey tequilero *Agave tequilana* Weber y su industrialización en la región del estado de Jalisco. Tesis Universidad Autónoma de Chapingo. México.
7. González B., E. 1986. Efectos y consecuencias de AG3 (Acido Giberelico) en los procesos de germinacion y brotación de Tomate Cherry. Tesis profesional, CUCBA. Universidad de Guadalajara.
8. Gutiérrez C., R.A., 1983. Respuesta del cultivo de la Alfalfa (*Medicago Sativa*, L.) a la aplicación Foliar de Manganeso en diferentes dosis. Tesis profesional, CUCBA Universidad de Guadalajara.
9. Hernández G., R. 2002, Fotosíntesis. Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes - Mérida - Venezuela.

10. Hill, T.A. 1977 Hormonas reguladoras del crecimiento vegetal. Cuadernos de Biología. Ed. Omega, España.
11. INFOAGRO. 2005. Revista electrónica. [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com) . ultimo acceso Octubre 2005.
12. Lopez U., P.J. 1990, Evaluación de diferentes dosis de fertilización (N-P-K) en el Agave tequilero (*Agave tequilana*, Weber) Jalisco, Tesis profesional, CUCBA; Universidad de Guadalajara.
13. Luevano G., J; Padilla B., F.; Padilla R., E. 1987. Respuesta a la aplicación Foliar de ácido giberélico en la espinaca (*Spinicia oleracea* L.) realizado en campo experimental Rancho San Agustín, Lagos de Moreno, Jalisco. Tesis profesional, CUCBA, Universidad de Guadalajara.
14. Man, T. 2004. Manual de fertilizantes, para cultivos de alto rendimiento. California Plant Health Association; México: Limusa.
15. Medel M., J.A. 1993, Efecto de la aplicación de ácido humito y fitohormonas en el cultivo del tomate *Lycopersicum esculentum*, bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. CUCBA Universidad de Guadalajara
16. N.P.F.I (Nacional Plant Food Institute). 1982. Manual de Fertilizantes. Ed. Limusa. México D.F. pp 292.
17. Pimienta B., E. (2003) Ecofisiología de la fotosíntesis. Temas selectos en ecología y fisiología vegetal. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. México.
18. Rodríguez D., E. 1994, Aplicación de ácido húmicos, fitohormonas y acolchado plástico en chile poblano (*Capsicum annum*, L) bajo condiciones de invernadero. Tesis para maestro ciencias. Manejo de Áreas de Temporal. CUCBA, Universidad de Guadalajara.
19. Rodríguez S., F. 1996. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F. Pp 29-31

20. Ruiz C., J. A. 1999. Requerimientos Agroecologicos de cultivos. INIFAP-SAGARPA, Guadalajara, Jalisco, México. Printed in México.
21. Ruíz, N.M., 1990. Evaluación de cuatro fitohormonas en *Schium edule* Chayote en el municipio de Ponciltán, Jalisco. Tesis profesional. Facultad de Agronomía. México.
22. Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V. México, DF.
23. Sánchez A., J. 2005, La fertilización foliar de los cultivos. Química Agrícola de la Universidad de Alicante.
24. Valenzuela Z., A. 2003. El agave tequilero. Cultivo e industria de México. México Mundi-Prensa. p 61.
25. Velázquez C., C 2004, El agave azul a través de la imagen de satélite. Gaceta Tequila de Origen, CRT. No. 17 febrero. p 23
26. Weaver, R.J. 1985. Reguladores de crecimiento en las plantas en la agricultura. Ed. Trillas. México.
27. Yoldi, M. 1999. Agave Tequilero; pencas que abrazan al mundo. Revista Claridades Agropecuarias. México, DF.