

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS

DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



"Evaluación del potencial fertilizante de la
vinaza en agave Agave tequilana Weber,
en Amatitán, Jalisco".

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

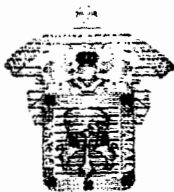
INGENIERO AGRÓNOMO

ORIENTACIÓN FITOTECNIA

PRESENTA

BENITO MONROY REYES

GUADALAJARA, JALISCO 19 DE MAYO DE 1999.



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

ING. ELENO FELIX FREGOSO
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, con el título:

"EVALUACION DEL POTENCIAL FERTILIZANTE DE LA VINAZA EN AGAVE Agave tequilana Weber EN AMATITAN, JALISCO"

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

BENITO MONROY REYES

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

M.C. LUIS ALBERTO RENDON SALCIDO
ING. JESUS SEPULVEDA MEJIA
ING. JOSE PABLO TORRES MORAN


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

M.C. RAMON CEJA RAMIREZ	PRESIDENTE
M.C. ERNESTO MIRAMONTES LAU	SECRETARIO
M.C. JESUS NETZAHUALCOYOTL MARTIN DEL CAMPO MORENO	VOCAL


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 10 de mayo de 1999.



M.C. JESUS NETZAHUALCOYOTL
MARTIN DEL CAMPO MORENO
PRESIDENTE DELCOMITE DE TITULACION



M.C. SALVADOR GONZALEZ LUNA
SRIO. DEL COMITE DE TITULACION

AGRADECIMIENTOS

Gracias Padre (Dios) por haberme dado vida, salud y sobre todo con su apoyo y consejos siempre he logrado todo lo que he anhelado en esta vida.

A la Universidad de Guadalajara y en especial al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, División de Ciencias Agronómicas, por los conocimientos adquiridos en sus aulas.

Mi especial agradecimiento a la empresa HERRADURA, por permitirme el desarrollo de esta investigación en sus campos de experimentación y producción de agave, muy especialmente al Ing. Sebastián Melendres Alvarado por su apoyo constante y la confianza que siempre me brindó durante el desarrollo de este trabajo.

Al M.C. Florencio Recendiz Hurtado y al M.C. Enrique Pimienta Barrios por su valiosa asesoría en la interpretación estadística de los resultados y reacomodo del texto.

A las Laboratoristas: América Rodríguez Figueroa, Evelia Martínez Aguilar, y Lilian Villarino Miranda, por colaborar en este trabajo.

Por su amistad valiosa y sincera agradezco a mi único amigo que he tenido en la vida al Médico Eugenio Uribe Arellano.

A mi novia Adriana Tellez Hernández que a pesar de su ingenuidad siempre conté con su apoyo incondicional que me brindó en momentos difíciles.

A los ingenieros: Santiago Sánchez Preciado, Salvador Mena Munguía, Salvador González Luna, María Luisa García Sahagún, Jesús Hernández Alonso, Francisco Calderón Calderón, Elías Sandoval Islas, Eduardo Rodríguez Díaz. Por el desinteresado apoyo que siempre me brindaron para culminar mí trabajo y que me anima a continuar:

DEDICATORIAS

A mí madre que con sacrificios cuidó de mí en los momentos más difíciles de mi vida.

A la Licenciada Anabel Armida Camargo Medina por el apoyo, motivación y confianza que siempre me brindó durante mi carrera profesional.

A la señora Juana Medina Aldana, que esperó con tanto anhelo este momento culminante de mi carrera profesional.

INDICE

Indice de figuras	IV
Indice de cuadros	V
RESUMEN	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Importancia y justificación	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. La vinaza	4
2.1.2. Obtención de la vinaza	4
2.1.3. La vinaza como agente contaminante	5
2.1.4. Parámetros de control de contaminación de agua	7
2.1.5. Metales pesados y cianuros	7
2.1.6. Uso de vinaza	7
2.2. El agave	9
2.2.1. Clasificación botánica del agave	9
2.2.2. Descripción botánica del agave	10
2.2.3. Metabolismo ácido crasuláceo (MAC oCAM)	11
2.2.4. Fertilización	11
2.2.5. Las principales plagas y enfermedades	13
2.2.6. Principales municipios productores de agave en Jalisco	15
2.2.7. Funciones de los elementos nutricionales en las plantas	15
2.2.7.1. El nitrógeno en la planta	15
2.2.7.2. El fósforo en la planta	17
2.2.7.3. El potasio en la planta	18
2.2.7.4. El calcio en la planta	19
2.2.7.5. El magnesio en la planta	20
2.2.7.6. El cobre en la planta	20
2.2.7.7. El hierro en la planta	21

2.2.7.8. El manganeso en la planta -----	22
2.2.7.9. El zinc en la planta -----	22
2.2.7.10. Interacciones entre nutrimentos -----	23
2.2.8. Propósitos generales del análisis de plantas -----	24
2.2.9. Problemas del proceso de análisis de plantas -----	25
2.3. Fertilidad del suelo -----	27
2.3.1. Evaluación de la fertilidad del suelo -----	27
2.3.2. Propósitos generales del análisis de suelo -----	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS -----	30
3.1. Características agroclimáticas de la región de estudio -----	30
3.1.1. Descripción fisiográfica de la región de estudio -----	30
3.1.2. Clima -----	31
3.1.3. Precipitación -----	31
3.1.4. Suelo -----	31
3.1.5. Ubicación y localización del experimento -----	32
3.2. Materiales físicos y/o genéticos -----	33
3.2.1. Materiales físicos -----	33
3.2.2. Materiales químicos -----	33
3.2.3. Material genético -----	34
3.3. Variables bajo estudio -----	35
3.3.1 Los macro y micronutrimentos en estudio -----	35
3.3.2. Las propiedades químicas del suelo -----	35
3.4. Establecimiento del experimento -----	35
3.4.1. Diseño experimental -----	36
3.4.2. Desarrollo del experimento -----	37
3.4.2.1. Muestreo de suelo -----	37
3.4.2.2. Aplicación de la vinaza en la parcela -----	37
3.4.2.3. Muestreo foliar del agave -----	37
3.4.2.4. Proceso de lavado de la muestra -----	38
3.4.2.5. Proceso de secado de la muestra -----	38

3.4.2.6. Proceso de molienda de la muestra -----	39
3.4.2.7. Proceso de calcinación de la muestra -----	39
3.4.2.8. Proceso de extracción de la muestra a partir de cenizas -----	39
3.4.2.9. Determinación colorimétrica de fósforo en la planta -----	40
3.4.2.10. Determinación del nitrógeno en la planta por Kjeldahl -----	40
3.4.2.11. Determinaciones de macro y micronutrientes en extracto de cenizas -----	41
4. RESULTADOS Y DISCUSION -----	42
4.1. Resultados de los macronutrientes en el tejido foliar -----	42
4.2. Resultados de los micronutrientes en el tejido foliar -----	50
4.3. Resultados de los elementos de suelo -----	55
5. CONCLUSIONES -----	63
6. RECOMENDACIONES -----	64
7. LITERATURA CITADA -----	65

INDICE DE FIGURAS

1. Municipios productores de agave en el estado de Jalisco -----	16
2. Interacciones entre nutrimentos -----	24
3. Ubicación y localización del experimento -----	32

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Las propiedades física-químicas de la vinaza -----	6
Cuadro 2. Contenido de nutrimentos en los sólidos de la vinaza -----	6
Cuadro 3. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos ----	8
Cuadro 4. Contenido de minerales en la planta de agave fertilizado en dos años con un desarrollo óptimo -----	12
Cuadro 5. Contenido mineral en el clorénquima parte interna de la hoja de agave -----	13
Cuadro 6. Contenido mineral en micronutrimentos en hojas adultas ----	23
Cuadro 7. La distribución de los tratamientos en campo -----	36
Cuadro 8. Análisis de la varianza para nitrógeno en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	43
Cuadro 9. Análisis de la varianza para fósforo en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	43
Cuadro 10. Análisis de la varianza para potasio en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	43
Cuadro 11. Análisis de la varianza para calcio en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	43
Cuadro 12. Análisis de la varianza para magnesio en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	44
Cuadro 13. Análisis de la varianza para nitrógeno en foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	44
Cuadro 14. Análisis de la varianza para potasio en foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	45
Cuadro 15. Análisis de la varianza para calcio en foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	45
Cuadro 16. Análisis de la varianza para fósforo en foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	45

Cuadro 17. Análisis de la varianza para magnesio en foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	46
Cuadro 18. Comparación de medias de los elementos de fósforo y Magnesio a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza en el foliar -----	47
Cuadro 19. Análisis de la varianza para nitrógeno en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	48
Cuadro 20. Análisis de la varianza para fósforo en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	48
Cuadro 21. Análisis de la varianza para potasio en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	48
Cuadro 22. Análisis de la varianza para calcio en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	49
Cuadro 23. Análisis de la varianza para magnesio en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	49
Cuadro 24. Análisis de la varianza para Hierro en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	50
Cuadro 25. Análisis de la varianza para zinc en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	50
Cuadro 26. Análisis de la varianza para cobre en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	50
Cuadro 27. Análisis de la varianza para manganeso en foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	51
Cuadro 28. Análisis de la varianza para hierro en foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	51
Cuadro 29. Análisis de la varianza para manganeso en foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	51
Cuadro 30. Análisis de la varianza para zinc en foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	52
Cuadro 31. Análisis de la varianza para cobre en foliar a los 90 días	

posteriores a la aplicación de vinaza -----	52
Cuadro 32. Comparación de medias de los elementos de zinc y cobre a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza en el foliar -----	53
Cuadro 33. Análisis de la varianza para hierro en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	54
Cuadro 34. Análisis de la varianza para zinc en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	54
Cuadro 35. Análisis de la varianza para cobre en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	54
Cuadro 36. Análisis de la varianza para manganeso en foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	54
Cuadro 37. Análisis de la varianza para los 5 macronutrientes en suelo antes de la aplicación de vinaza -----	55
Cuadro 38. Análisis de la varianza para los 4 micronutrientes en suelo antes de la aplicación de vinaza -----	55
Cuadro 39. Análisis de varianza para los cationes intercambiables, materia orgánica, capacidad de intercambio cationico y pH antes de la aplicación de vinaza -----	56
Cuadro 40. Análisis de la varianza para los 5 macronutrientes en suelo a los 60 días posteriores a la aplicación de vinaza ----	56
Cuadro 41. Comparación de medias del elemento de calcio a los 60 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	57
Cuadro 42. Análisis de la varianza para los 4 micronutrientes en suelo a los 60 días posteriores a la aplicación de vinaza ----	57
Cuadro 43. Comparación de medias del elemento de hierro a los 60 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	58
Cuadro 44. Comparación de medias del elemento de zinc a los 60 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	59
Cuadro 45. Análisis de varianza para los cationes intercambiables,	

	materia orgánica, capacidad de intercambio cationico y pH después de los 60 días de haber aplicado vinaza -----	59
Cuadro 46.	Comparación de medias del elemento de calcio a los 60 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	60
Cuadro 47.	Comparación de medias del elemento de materia orgánica a los 60 días posteriores a la aplicación de vinaza -----	60
Cuadro 48.	Análisis de varianza para los cationes intercambiables, materia orgánica, capacidad de intercambio cationico y pH después de los 120 días de haber aplicado vinaza -----	61
Cuadro 49.	Comparación de medias de materia orgánica a los 120 días posteriores a la aplicación de vinaza en suelo -----	62

RESUMEN.

El Estado de Jalisco es el principal productor de tequila en México, cuenta con 31 fabricas en las cuales se destila, envasa y distribuye este producto.

La vinaza es un líquido residual de la industria tequilera, consistente en 97% de líquido y 3% de sólidos, llegando a obtenerse de 10 a 12 litros de vinaza por litro de alcohol, alcanzando 900 millones de litros de vinaza anuales.

Debido al volumen obtenido y sus características muy peculiares es un contaminante a ríos y arroyos donde es vertido normalmente.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en Amatitán, Jalisco en donde se estableció un ensayo en campo en una plantación de agave de tres años de edad, en la cual se aplicaron cinco tratamientos con cuatro observaciones por cada tratamiento, utilizándose una sola aplicación de vinaza de 200 m³ por hectárea al año, y evaluando con un diseño completamente aleatorizado.

Con el objetivo de aprovechar los sólidos disueltos que contiene la vinaza, ya que contiene una gran cantidad de nutrimentos, necesarios para el desarrollo vegetal, utilizándose con fines de abonado agrícola, en el incremento de los macronutrimentos y micronutrimentos en el cultivo del agave, así como en el aumento de la fertilidad del suelo.

La evaluación del efecto de la vinaza en suelo - planta se efectuó mediante análisis químico de hojas de agave y suelo, sometidos a riegos con agua a diferente concentración de vinaza. Con tal fin se efectuaron tres

muestreos, en los cuáles se evaluaron, Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), y Manganeso (Mn), en hojas de agave, mientras en suelo se evaluaron además de esos elementos, el pH, la materia orgánica, la capacidad de intercambio de cationes y los cationes intercambiables.

Los análisis del suelo se desarrollaron en el Laboratorio de Suelos del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (C.U.C.B.A.) y los análisis del foliar se realizaron en la Comisión Nacional del Agua..

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se observó que la aplicación de vinaza al suelo a un volumen de 200 m³ por hectárea no influye condudentemente en el incremento de los contenidos de los macro y micronutrimientos en el tejido foliar del agave, sin embargo si se manifestó un cambio significativo en fósforo, magnesio, zinc y cobre, en cuanto a suelo hubo un cambio significativo en calcio, hierro zinc y materia orgánica.

En conclusión las diferentes concentraciones de vinaza utilizadas en la evaluación del incremento de la concentración de nutrimentos en la planta de agave, *Agave tequilana* Weber, no mostraron un efecto estadísticamente significativo. Es posible no detectar el efecto de la aplicación de vinaza en sólo seis meses de estudio.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Importancia y Justificación.

El estado de Jalisco es el principal productor de tequila en México y cuenta con 31 plantas en la mayoría de las cuales se destila, se envasa y se distribuye este producto.

La vinaza tequilera es un líquido residual, producto de la fermentación y destilación del agave durante la fabricación de tequila. Llegan a obtenerse de 10 a 12 litros de vinaza por litro de alcohol, alcanzando 900 millones de litros de vinaza anuales, cantidad tal que provoca muchos problemas para su tratamiento. Cuando este líquido se produce, tiene alta temperatura de 85 a 90 °C, elevada carga orgánica, poco oxígeno disuelto y bajo pH de 3.8.

En estas condiciones, se ha vertido desde hace años en las aguas de arroyos y ríos, con graves riesgos de perturbación ecológica, pues además de reducir drásticamente el pH del agua, ocasiona una gran demanda bioquímica de oxígeno para la degradación de los materiales orgánicos disueltos.

Debido a la gran cantidad de sólidos orgánicos e inorgánicos disueltos en la vinaza, que alcanzan 3% en promedio y son ricos en N, P, K, Ca, y Mg, (macronutrientes requeridos por las plantas), y considerando que el suelo puede ser un buen sitio donde la naturaleza transforma los residuos, se

planteo el presente trabajo, que evaluará la acción de la vinaza como fertilizante disuelto en agua de riego, para tratar de conocer el incremento de los macronutrientes y micronutrientes en el agave, así mismo, el efecto en el incremento de la fertilidad del suelo.

1.2. Objetivos.

Los objetivos que se plantean en el presente trabajo son los siguientes:

a) Evaluar el efecto de la aplicación de vinaza sobre el contenido de macronutrientes y micronutrientes en el tejido foliar de agave.

b) Determinar el efecto de la aplicación de vinaza sobre la fertilidad del suelo.

1.3. Hipótesis.

a) La aplicación de vinaza al suelo, incrementa la cantidad de los elementos nutritivos en el tejido foliar de las plantas de agave.

b) La aplicación de vinaza en el suelo mejora las condiciones de fertilidad del mismo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. La vinaza constituye un producto de desecho de la industria tequilera. La vinaza es llamado también lodo de fermentación y esta compuesta por agua y levadura (Valenzuela, 1994).

2.1.2. Obtención de la vinaza.

La vinaza es el resultado de la fermentación alcohólica de las mieles incristalizables del jugo de la caña y agave por la acción de las levaduras en el proceso de fermentación. Por cada litro de etanol obtenido durante el proceso de destilación de estas mieles, se eliminan de 10 a 12 litros de vinazas (Várela, 1987).

Su obtención esta íntimamente ligada al proceso de obtención de alcohol y éste a su vez se obtiene de la fermentación de azúcares por levaduras y de la destilación del material fermentado. Cuando se hierve una mezcla de dos líquidos miscibles, el vapor que escapa del líquido tiene generalmente una composición distinta al líquido original. Lo mas común es que el vapor sea más rico (más concentrado), en el componente mas volátil. Hirviendo el líquido y condensando el vapor producido, la mezcla puede separarse en dos partes, el destilado que es mas rico en el componente mas volátil que el líquido original, y el residuo, que es mas rico en el componente menos volátil. Esto se le conoce como destilación fraccionada (Valenzuela,1994).

La destilación consiste en la separación y concentración de alcohol a partir del mosto fermentado. Además de etanol y otros productos secundarios deseables, el mosto contiene partículas sólidas de agave, a base de celulosa y pectinas y células de levaduras, además de proteínas, sales minerales y algunos ácidos orgánicos (Cedeño,1994).

Para este caso, el líquido original es la mezcla resultante de la fermentación, el destilado son los vapores con riqueza alcohólica y el residuo, el líquido remanente agotado de alcohol que se conoce como vinaza. Por lo tanto, en la industria tequilera, la destilación es el proceso en el que los fermentos son separados mediante calor y presión en productos de riqueza alcohólica (tequila), y en vinazas las cuales constituyen un producto de desecho (Valenzuela,1994).

Además de las vinazas existen otros subproductos del inicio y final de la destilación conocidos como "cabezas" y "colas", respectivamente. Estos subproductos son solventes orgánicos que son controlados en la calidad del tequila (Valenzuela,1994).

2.1.3. La vinaza como agente contaminante.

Mediante calor y presión, los fermentos (mosto fermentado), son separados en productos de riqueza alcohólica (tequila) y vinaza. Esto se realiza en alambiques de destilación donde los fermentos se calientan a altas temperaturas. Por ello, la vinaza sale del proceso productivo a temperaturas de 90 °C, convirtiéndose en un agente de contaminación térmica al descargarla en las corrientes fluviales (Valenzuela, 1994).

Respecto a los sólidos en suspensión los de naturaleza orgánica, están constituidos principalmente por partículas de agave (celulosa y pectina), células de levaduras, así como proteínas y algunos ácidos orgánicos (Cedeño, 1995).

En el cuadro 1 se pueden observar las propiedades Físicas – químicas de la vinaza

cuadro 1.- Las propiedades fisicos-quimicas de la vinaza

Parámetros	Valor
PH	3.80
C.E.	2.72 mmhos
Ca + Mg	16.62 meq/l
Ca	10.25 meq/l
Mg	6.37 meq/l
Na	5.40 meq/l
K	2.80 meq/l
Cl	3.77 meq/l
CO ₃	n.d meq/l
HCO ₃	n.d meq/l
SO ₄	2.00 meq/l
SÓLIDOS TOTAL	41.80 meq/l
Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O)	70,000 mgr/l
Demanda bioquímica de Oxígeno (D.B.O₅)	30,000 mgr/l

(Sepúlveda, 1998)

En el cuadro 2 se observan los nutrimentos en los sólidos de la vinaza

cuadro 2.- Contenido de nutrimentos en los sólidos de las vinazas

Nutrimentos	Contenido
N	1.70 %
P	0.36 %
K	11.00 %
Ca	0.21 %
Mg	0.08 %
Fe	33.00 ppm
Zn	1.00 ppm
Mn	1.00 ppm
Cu	0.50 ppm

(Sepúlveda, 1998)

2.1.4. Parámetros de control de contaminación de agua.

Diario Oficial de la Nación (NOM-001-ECOL-1996) Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. La selección de los parámetros a determinar en un estudio para el control de la contaminación del agua, depende tanto de las fuentes de contaminación ya sea por descarga municipal, industrial, agrícola, etc., como de los usos que se pretenda proporcionar al agua (Ver cuadro 3).

2.1.5. Metales pesados y cianuros.

Son aquéllos que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. La norma oficial Mexicana (NOM-001-ECOL-1996), sólo considera los siguientes: Arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.

2.1.6. Usos de la vinaza.

A continuación se señalan los usos en operación y el nivel de tecnología disponible, las que se encuentran en desarrollo y la implementación de tecnologías potenciales, para la utilización o tratamiento de las vinazas (Peraza, 1994).

- a) Reciclaje.
- b) Irrigación.

Cuadro. 3 Límites máximos permisibles para contaminantes básicos

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS:																					
Parámetros (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Ríos						Embalses naturales y artificiales				Aguas costeras						Suelo Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)		
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)						
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	
Temperatura °C (1)	N.A	N.A	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A	N.A	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	
Materia Flotante (3)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	ausente	Ausente	ausente	Ausente	Ausente	ausente	ausente	Ausente	ausente	Ausente	ausente	Ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A	N.A	1	2	
Sólidos suspendidos totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	100	175	75	125	75	125	N.A	N.A	75	125	
Demanda bioquímica de Oxígeno5	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	100	200	75	150	75	150	N.A	N.A	75	150	
Nitrógeno total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A	N.A	N.A	N.A	15	25	N.A	N.A	N.A	N.A	
Fósforo total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A	N.A	N.A	N.A	5	10	N.A	N.A	N.A	N.A	

(1) Instantáneo. (2) Muestra simple promedio ponderado. (3) Ausencia según el método de prueba definido en la NMX-AA-006.

- c) Evaporación-combustion.
- d) Suplemento proteínico.
- e) Fermentación anaerobia.
- f) Lagunas de tratamiento.
- g) Lodos activados.
- h) Tratamientos fisicoquímicos.
- i) Productos potenciales.

2.2. El agave. *Agave* spp, vocablo de origen arábé, que significa admirable. No existe calificativo más propio para la planta alguna, (Rzedowski, 1978, citado por Valenzuela, 1997).

2.2.1. Clasificación botánica del Agave.

La clasificación del *Agave* tequilana Weber es la siguiente:

Reino --- Vegetal Fanerogamas

Clase --- Angiospermas Monocotiledóneas

Familia -- Agavaceas

Genero -- Agave

Especie -- Tequilana

Weber -- Nombre del botánico europeo que lo clasifico (Martinez 1975, Osawa 1976, Citado por Valenzuela, 1987).

Durante varias décadas la elaboración de tequila se llevó a cabo a partir de diferentes variedades o especies afines a *Agave tequilana* (Pérez, 1887), mencionó que los agaves con que se producía el tequila eran diferentes variedades y que se conocían con los nombres regionales de: "mezcal chino", "azul", "bermejo", "siguín", "mano larga", "zopilote", "pie de mula" y otros más, sin especificar cuales.

Durante este siglo las plantaciones sufrieron un proceso de selección auspiciado fundamentalmente por los industriales, para el establecimiento de plantaciones casi únicamente Agave azul tequilana.

2.2.2. Descripción botánica del Agave.

A continuación se hace la descripción botánica del agave, *Agave* tequilana Weber 1902.

Es una planta surculosa que se extiende radialmente, de 1.2 a 1.8 metros de altura. Su tallo es grueso, corto de 30 a 50 cm de altura al madurar. Las hojas de 90 a 120 cm son lanceoladas, acuminadas y de fibras firmes, casi siempre rígidamente estiradas, cóncavas de ascendentes a horizontales. Lo más ancho de las hojas se encuentran hacia la mitad y son angostas y gruesas hacia la base, generalmente de color glauco azulado a verde grisáceo. El margen de las hojas es recto a ondulado o repando; los dientes generalmente son de tamaño regular y espaciados irregularmente, en su mayoría de 3 a 6 mm de largo a la mitad de la hoja. Los ápices de los dientes son delgados, curvos o flexos desde poca altura de la base piramidal. Los dientes son de color café claro a oscuro, de 1 a 2 cm de separación; rara vez son remotos o largos. La espina por lo general es corta de 1 a 2 cm de largo, rara vez larga achatada o abiertamente surcada de arriba, su base es ancha, café oscura decurrente o no decurrente. La inflorescencia es una panícula de 5 a 6 metros de altura y densamente ramosa a lo largo, con 20 a 25 umbelas largas difusas de flores verdes y estambres rosados. Las flores son de 68 a 75 mm de largo con bracteolas sobre los pedicelos de 3 a 8 mm de longitud. El ovario es de 32 a 38 mm de largo, cilíndrico con cuello corto, inconstricto, casi terminado en punta sobre la base. El tubo floral es de 10 mm de ancho, funeliforme y surcado. Los pétalos son desiguales de 25 a 28 mm de longitud por 4 mm de ancho, lineares, erectos pero rápidamente flojos en la anthesis, cambiando entonces

a cafesosos y secos. Los filamentos miden de 45 a 50 mm de largo doblados hacia adentro junto al pistilo, insertos de 7 a 5 mm cerca de la base del tubo; las anteras son de 25 mm de largo. El fruto es una cápsula ovada a brevemente cuspidada (Gentry, 1982. citado por Valenzuela 1992).

2.2.3. Metabolismo ácido crasuláceo (CAM O MAC).

Las plantas CAM presentan dos condiciones: en primer lugar, el mecanismo estomático debe estar vinculado estrechamente al metabolismo fotosintético, puesto que requiere que los estomas estén abiertos en la noche y, generalmente, cerrados durante el día; en segundo lugar, en el proceso CAM hay una integración estrecha entre algunos aspectos del metabolismo celular (interconversión de almidón y ácidos) y la fotosíntesis (Lira, 1994).

El Agave tequilana es una planta con Metabolismo Ácido Crasuláceo (MAC) debido a su patrón de apertura estomática y a la fijación de CO₂ que incrementa la acidez nocturna. (Valenzuela, 1987).

El mecanismo estomático debe estar vinculado estrechamente al metabolismo fotosintético, puesto que el MAC requiere que los estomas estén abiertos de noche y generalmente cerrados durante el día. Es que en el MAC hay una integración estrecha entre aspectos del metabolismo celular (interconversión de almidón y ácidos, gluconeogénesis) y la fotosíntesis (Bidwell, 1983).

2.2.4. Fertilización.

La fertilización del agave tequilana se realiza fundamentalmente con nitrógeno, recomendandose los tratamientos químicos de 80-13-13 y 128-

00-00 aún cuando en la práctica se aplica hasta 500 Kg de urea por Ha (SARH, 1993).

Al experimentar con fertilización completa de N, P y K sobre agave de dos años de cultivo, no encontró efecto significativo alguno (López, 1990, citado por Valenzuela, 1997).

Las formas de aplicar los fertilizantes tienen diferentes efectos nutrimentales. La fertilización al cogollo presentó una respuesta tardía y pérdidas de N, mientras que la fertilización al suelo mostró la interacción de los tres nutrimentos (NPK), y mayores incrementos en el desarrollo general de la planta y la producción de cabeza (Valenzuela, 1994).

Los fertilizantes nitrogenados (N) son los que más se aplican durante todo el ciclo del cultivo. El fósforo (P) y el potasio (K) son aplicados por algunos productores en los primeros años, y complementan estos agroquímicos con estiércoles de bovinos, cerdo y gallina (Valenzuela, 1997).

En los cuadros 4 y 5 se observan el contenido mineral en hoja y clorénquima del agave.

Cuadro 4. Plantas de agave tequilana fertilizadas de dos años de cultivo con un desarrollo óptimo; contenido de nutrientes en la hoja.

Elemento	Contenido %
Nitrógeno	1.284
Fósforo	0.210
Potasio	1.987
Calcio	3.846

Osawa, 1979 citado por Valenzuela, 1997.

Cuadro 5. En el clorénquima parte interna de la hoja de agave contiene los siguientes elementos.

Elementos	Contenido %
Nitrógeno	1.47
Fósforo	3300 ppm
Potasio	2.97
Calcio	5.33

Nobel, 1988, citado por Valenzuela, 1997.

2.2.5. Las principales plagas y enfermedades.

El cultivo del agave tequilero se ha considerado muy rústico, últimamente ha mostrado daños más severos por organismos perjudiciales. Debido a esto, se le ha dado mayor importancia a la aplicación de pesticidas en la prevención y control de plagas y enfermedades. Sólo se han inventariado los daños del agave, sin tener una descripción taxonómica de plagas y enfermedades, por lo que a continuación se mencionan algunas de estas con sus nombres científicos y en algunos casos sólo los comunes (Valenzuela, 1992).

1. Trips.
2. Larvas rizófagas: Gallina ciega *Phylophaga* sp, gusano alfilerillo, larvas de diabroticas (Promotora Regional del Agave, 1985).
3. Pulgones.
4. Algodoncillo o piojo harinoso. *Cymonococcus* agavis Douglas (Plascencia, 1985)
5. Grana
6. Clavo
7. Barrenador: *Acentrocne* hesperiaris (Villalvazo, 1986)
8. Picudo
9. Arañas
10. Chapulines *Achetta* assimilis F. (Villalvazo, 1986)

11. Escamas *Quadraspidiotus perniciosus* (Villalvazo, 1985), otros géneros como *Oanodiella*; *Aspidiotus* y *Lepidosciphes*. *Aspidiotus perniciosus* (Plascencia, 1985)

12. Nemátodos.

Respecto a las Enfermedades se han identificado las siguientes:

1. Pudriciones blandas

a) del pie

b) del cogollo o antracnosis *Colletotrichum agave* (Villalvazo, 1986)

c) de la penca o antracnosis *Colletotrichum* sp (Plascencia, 1985)

2.- Pudriciones secas

a) del pie *Nectaria* sp ó *Phytothora* sp (Villalvazo, 1986)

b) mancha de la hoja o "sorrascado" *Alternaria agave* (Plascencia, 1985)

3. Anillo rojo, enfermedad fungosa causada *Coniethyrium concentrium* (Plascencia, 1985)

4. Manchas necróticas en los márgenes de la penca *Alternaria* sp (Plascencia, 1985)

5. Enfermedades por virus "mota amarilla" (Plascencia, 1985)

6. Sida del mezcal (*Fusarium* sp), otra enfermedad que se presenta es el así llamado "sida mezcal", (sic) o marchitez del agave presentándose en el 23.4% de las parcelas, las partes atacadas son la base de la cabeza y las pencas, cuando el ataque es severo se observa en toda la planta (García, 1997).

2.2.6. Principales municipios productores de agave en Jalisco.

En Jalisco se distinguen dos regiones importantes del cultivo del agave y son: a) Zona centro con los municipios de Tequila, Amatitán, Arenal, Tala, Ameca, Etzatlán y otros lugares aledaños.

b), Región Altos que incluye a los municipios de Tepatitlán, Arandas, Atotonilco, Tototlán, Acatic y otros (Figura 1).

2.2.7. Funciones de los elementos nutricionales en las plantas.

La función de todos los elementos no está aún bien entendida, pero se cree que éstos afectan en el crecimiento vegetal en una o tal vez más de las siguientes formas: 1) son constituyentes del tejido vegetal, 2) actúan como catalizadores o estimulantes, 3) efectúan procesos de oxidorreducción en la planta, 4) pueden ayudar a regular el contenido de ácido en la planta, 5) pueden afectar la presión osmótica, 6) pueden afectar la entrada de otros elementos a la planta, 7) pueden ayudar al crecimiento de la planta proporcionando un medio más favorable para las raíces de la misma. (Millar, *et al.*, 1980).

2.2.7.1. El Nitrógeno en la planta (N).

Entre los elementos más abundantes en la planta, el nitrógeno ocupa, habitualmente, el cuarto lugar, detrás de carbono, oxígeno e hidrógeno. Juega un papel esencial como constituyente de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y hormonas del crecimiento (Wild, 1992).



Figura 1. Principales municipios productores de agave en Jalisco

El nitrógeno es un elemento muy móvil. El nitrógeno mineral (NO_3^- y NH_4^+), una vez dentro de las células pasa a constituir las bases nitrogenadas para las distintas funciones fisiológicas. El nitrógeno ingresa en la formación de los aminoácidos, luego éstos entran en la síntesis de los prótidos y las proteínas del vegetal (Rodríguez, 1982).

El nitrógeno se encuentra formando parte también de la clorofila, citocromos, fosfolípidos, alcaloides. Las plantas lo requieren en grandes cantidades cuando están en crecimiento (Junta de Extremadura, 1992).

La mayor parte de las plantas dependen, absolutamente, para su crecimiento del nitrógeno inorgánico absorbido del suelo en forma de iones nitrato o amonio (Wild, 1992).

El nitrógeno es un constituyente de los más importantes compuestos y complejos orgánicos minerales de la planta, como en los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, aminas, amidas, nucleoproteínas y clorofila (Dominguez, 1989).

2.2.7.2. El Fósforo en la planta (P).

Una vez absorbido como ($PO_4 H^-$ y $PO_4 H_2$), El fósforo circula y se translada en el vegetal como fosfato monobásico, siendo interiormente un elemento muy móvil (Rodríguez , 1982).

Hay algunos factores que facilitan la absorción de los fosfatos por las plantas: Los exudados del bióxido de carbono de las raíces forman ácido carbónico en el suelo, el cual solubiliza al fósforo; un sistema radical desarrollado permite una mayor extracción de nutrientes, principalmente de los pocos móviles; en las especies exigentes de calcio extraen mucho de este elemento provocando indirectamente una mayor solubilización de los fosfatos (Rodríguez, 1982).

El ácido fítico (hexafosfato de inositol) o más exactamente, su sal cálcica o magnésica (denominada fitina), se forma en las semillas y proporciona los fosfatos necesarios durante el proceso de la germinación (Wild, 1992).

El fósforo interviene activamente en la mayor parte de las reacciones bioquímicas complejas de la planta que son la base de la vida: respiración, síntesis, descomposición de glúcidos, y síntesis de proteínas (Gros 1986).

2.2.7.3. El Potasio en la planta (K).

Las demandas de potasio por las plantas son importantes ya que con él se neutralizan otros aniones y grupos ácidos de macromoléculas orgánicas, se activan muchas enzimas y se mantiene la presión osmótica de los jugos celulares (Wild, 1992).

Cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forman sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular, y el contenido de agua interna (Rodríguez, 1982).

Juega un papel importante en el mecanismo de apertura y cierre de estomas pues precipita en forma de malato potásico, en las células oclusivas cuando los estomas están abiertos y se libera pasando a regular el potencial osmótico del que, a su vez, depende de la turgencia de las células oclusivas del estoma (Wild, 1992).

El potasio es absorbido por la planta en su forma catiónica, K^+ . La absorción en el suelo está relacionada a la concentración de otros cationes, como, es el caso del magnesio (Mg^{++}), por problemas de competencia iónica, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los iones que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad (Rodríguez, 1982).

2.2.7.4. El Calcio en la planta (Ca).

El calcio es adsorbido por las plantas en su forma catiónica Ca^{++} , y es parte constituyente de las sales en la solución del suelo (Rodríguez, 1982).

El calcio es abundante en forma de pectato de calcio, es parte de las paredes celulares y es necesario para el crecimiento de los meristemas. También existe en los vegetales en forma de oxalatos (Millar, et al, 1980).

El calcio forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células (el oxalato de calcio es insoluble), regulando la presión osmótica de las mismas (Rodríguez, 1982).

El calcio forma parte de las membranas celulares, que dan a los tejidos de la planta su forma y resistencia. Una cantidad adecuada de calcio contrarresta el efecto de las sustancias tóxicas que se forman dentro de las plantas (Worthen y Aldrich , 1980).

Igualmente actúan en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemas (puntos de crecimiento), y en la absorción de nitratos (en la regulación de la absorción activa de elementos y en la permeabilidad de las paredes celulares) (Rodríguez, 1982).

Las deficiencias se manifiestan en suelo muy ácidos. Los síntomas suelen aparecer en las hojas más jóvenes y cerca de los puntos de crecimiento de tallos y raíces. Es un elemento poco móvil (Junta Extremadura, 1992).

2.2.7.5. El Magnesio en la planta (Mg).

El magnesio es absorbido por la planta en su forma catiónica Mg^{++} , ingresa en el interior de las células participando en distintas funciones y constituciones moleculares (Rodríguez, 1982).

El magnesio es constituyente de la clorofila por lo que es imprescindible en la fotosíntesis, estando el resto como magnesio protoplasmático (Junta Extremadura, 1992).

Las funciones más importantes del magnesio están en relación con la fotosíntesis y el metabolismo glucídico (Gil, 1995).

2.2.7.6. El Cobre en la planta (Cu).

El cobre es absorbido por los vegetales en su forma catiónica, Cu^{++} , su exceso provoca efectos tóxicos (Rodríguez, 1982).

El ritmo de absorción del Cu se halla entre los más bajos de los elementos esenciales. Por otra parte el Cu es absorbido por las plantas en cantidades mínimas, estando los contenidos de Cu sobre materia seca comprendidos generalmente entre 2 y 20 ppm (Loué, 1988).

El cobre se presenta probablemente en la savia de xilema y del floema en forma de compuestos orgánicos de nitrógeno tales como los aminoácidos. Se ha demostrado que en los exudados del xilema de diversas plantas el Cu está presente en forma aniónica, probablemente formando complejos con un anión aminácido (Loué, 1988).

La mayor parte del cobre de la planta se halla en los cloroplastos, dada la existencia de plastocianina que comprende alrededor de un 50%, transportando electrón de la fotosíntesis, y de las fenolasas cloroplásticas (Gil, 1995).

2.2.7.7. El Hierro en la planta (Fe).

El hierro es absorbido por la planta en forma ferrosa y férrica, Fe^{++} y Fe^{+++} , además de algunas otras formas orgánicas complejas como los quelatos. Es absorbido principalmente en su forma ferrosa (Rodríguez, 1982).

Sus principales funciones del hierro se relacionan o conciernen a la respiración, la síntesis de clorofila y fotosíntesis, la fijación del nitrógeno atmosférico (Loué, 1988).

El hierro es un elemento inmóvil dentro de la planta (es decir difícil translocación de un órgano a otro) (Rodríguez, 1982).

El hierro podría jugar un papel importante en el metabolismo de los ácidos nucleicos y en particular del ARN (ácido ribonucleico), que se encuentra en los núcleos y sobre todo en el citoplasma y en los ribosomas (Loué, 1988).

La carencia de hierro en vegetales se conoce por "clorosis férrica". Es común en los suelos alcalinos, siendo los arbustos y árboles frutales los más afectados. Esta deficiencia puede ser inducida por falta de potasio o por excesivo abonado con fosfatos y, también por un exceso de cal que impide su asimilación por la planta (Junta extremeña, 1992).

2.2.7.8. El Manganeso en la planta (Mn).

Las plantas absorben el manganeso en su forma catiónica, Mn^{++} , este elemento es limitado en la superficie arable del suelo, unos 15-20 cm de profundidad (Rodríguez, 1982).

El manganeso es esencial en la respiración y en el metabolismo nitrogenado, actuando, en ambos casos, como activador enzimático, ya que regula un gran número de decarboxilasas y dehidrogenasas (Amberger, 1973, citado por Gil, 1995).

La asimilación del manganeso está muy relacionada al pH del suelo y aumenta claramente cuando el pH desciende por debajo de 5.5, mientras que en muchos suelos el Mn no está fácilmente disponible por encima de pH 6.5, en los pH mayores de 6.5 se favorece la oxidación de Mn manganeso al Mn mangánico que queda prácticamente no disponible para las plantas (Loué, 1988).

2.2.7.9. El Zinc en la planta (Zn).

El cinc es absorbido por la planta en su forma catiónica, Zn^{++} , se absorbe como todos los microelementos en pequeñas cantidades y es común en el suelo con una concentración de 1 ppm en la solución (Rodríguez, 1982).

Participa también en forma de activador de enzimas como la anhidrasa carbónica citoplasmática y cloroplástica que cataliza reversiblemente el equilibrio entre el bicarbonato y el dióxido de carbono (Gil, 1995).

La función del Zinc en las plantas verdes consiste en la captura del anhídrido carbónico que puede evadirse a la atmósfera en el proceso de fotorrespiración (Yágodin, 1986).

En el cuadro 6 se pueden observar el contenido de microelementos en hojas adultas.

Cuadro 6. Interpretación de los contenidos en microelementos de hojas adultas (ppm) (de Jones, 1972. citado por Loué, 1988).

	Deficientes	medios a normales	Muy elevados a excesivos
Fe	< 50	50 a 250	?
Mn	< 20	20 a 500	> 500
Zn	< 20	25 a 150	> 400
Cu	< 4	5 a 20	> 20
B	< 15	20 a 100	> 200
Mo	< 0.1	0.5?	?

2.2.7.10. Interacciones entre nutrientes.

Un cambio excesivo en el contenido de un elemento en el tejido de la planta, invariablemente va acompañado por cambios secundarios en el contenido de otros elementos. Un elemento es antagonístico con otro, cuando al aumentar el contenido de dicho elemento provoca un déficit en aquél cuando ocurre el caso contrario, que el incremento en la concentración de un elemento provoca también un incremento en el otro, se denomina sinergismo. No siempre las interacciones se manifiestan sólo entre parejas de elementos, éstas pueden suceder entre varios elementos. Los ejemplos de antagonismo y sinergismo se pueden resumir en la Figura 2. Esta figura nos representa la Relación de antagonismo (línea continua) y de sinergismo (línea de trazos), entre los principales elementos nutritivos de las plantas. Las flechas indican el sentido de la relación. N, nitrógeno; B, boro; P, fósforo; Fe, hierro; K, potasio; Mn, manganeso; Ca, calcio; Cu, cobre; Mg, magnesio; Zn, Zinc (Junta Extremadura, 1992).

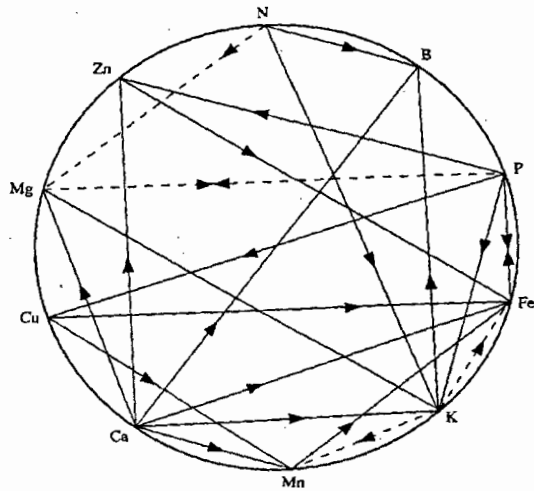


Figura 2. Interacciones entre nutrientes (Junta Extremadura, 1992).

2.2.8. Propósitos generales del análisis de plantas.

Los análisis de plantas se basan en la premisa de que la cantidad de un elemento dado en una planta es una indicación del suministro de este nutriente particular, y por lo tanto se relaciona directamente con la cantidad presente en el suelo. Cuando una deficiencia en un elemento limita el crecimiento, otros elementos se pueden acumular en la célula y presentarse en un nivel alto, sin que sobre esto tenga relación el suministro efectivo de tales elementos (Tisdale y Nelson, 1982).

Los propósitos del análisis de las plantas son los siguientes: 1) Para diagnosticar o confirmar diagnosis de síntomas visibles, 2) Para identificar deficiencias ocultas, 3) Para identificar áreas de deficiencias incipientes, 4) Para indicar cuál nutriente aplicado entra a la planta, 5) Para indicar interacciones o antagonismos entre nutrientes, 6) Como una ayuda para el entendimiento del funcionamiento interno de la planta, 7) Para sugerir

pruebas adicionales para identificar las deficiencias, 8) Como una herramienta en la generación de recomendaciones de fertilización (Aldrich,1973).

2.2.9. Problemas del proceso de análisis de plantas.

A continuación según Aldrich (1973), se presentan algunos de las dificultades en el proceso del análisis de las plantas.

La variabilidad entre plantas aparentemente saludables dentro de un mismo campo, requiere amplios estudios para servir como una guía adecuada para determinar el número de plantas a mustrear, según los diferentes niveles de precisión que se requiera obtener en los resultados.

Es una falla común no considerar que la muestra foliar tiene que ser representativa y debe ser calculado siempre un tamaño de muestra.

El lavado de las muestras se realiza en el laboratorio con detergente apropiados y agua destilada. Cuando las partículas de suelo, polvos o químicos no son removidos, los resultados pueden ser inútiles o engañosos.

Además las plantas pierden mucha humedad y ciertos nutrimentos solubles pueden ser lavados del tejido en el proceso de limpiado.

Para todos los análisis las muestras deben ser secadas para minimizar la respiración celular y para detener el crecimiento y la descomposición bacterial, ya que estos procesos reducen el peso seco del tejido y así cambia el porcentaje de los elementos que serán medidos.

Este mismo autor nos da las medidas adecuadas para el muestreo en foliar.

La parte correcta de la planta que será muestreada debe ser estudiada para plantas con configuraciones muy diferentes. También la edad de las partes a muestrear fluctúa de unos días a meses. El muestreo de plantas enteras puede dar como resultado errores importantes, por lo que es mejor muestrear solo ciertas partes de la planta. Sin embargo, el gradiente de ciertos nutrimentos de arriba a bajo dentro de la planta pueden ser un mejor indicador de la situación nutrimental que aquella determinada en una parte simple de la planta.

Cuando se realiza un muestreo es necesario conocer, mediante estudios previos, que hoja u hojas deben ser muestreadas, y evitar que estas presenten daños por plagas, enfermedades o estén rotas, lo cual ocasiona variación en los contenidos nutrimentales.

Los análisis de plantas de cultivos anuales raramente pueden ser hechos con la suficiente rapidez dentro de la estación o periodo de crecimiento para servir como una guía para la corrección de las deficiencias en el mismo ciclo mediante la adición de fertilizantes. Los resultados del ciclo son muy útiles en la planeación de tratamientos en años futuros.

Por otro lado, los análisis de plantas perennes tales como árboles frutales, caña de azúcar y alfalfa puede ser inmediatamente usados en la corrección de deficiencias.

La interpretación continuará siendo un problema en muchos casos hasta que patrones de referencias más completos sean desarrollados o sean establecidos como patrones para cultivos específicos, para estados

morfológicos de desarrollo y para diferentes partes de la planta. Esto es porque el análisis de la planta mide únicamente el contenido nutrimental en un punto en el tiempo, mientras que la composición, vigor y salud de la planta son el resultado acumulativo del medio ambiente total de la planta: condiciones climáticas, aireación del suelo, compactación, pH, proporción relativa de otros nutrimentos.

2.3. Fertilidad del suelo. El suelo es un cuerpo naturalmente desarrollado; desde el punto de vista de la agricultura, el suelo es el medio donde crecen las plantas. El suelo es también un almacén de donde las plantas recogen las sustancias nutritivas, agua y aire para desarrollarse (Graetz, 1983).

El suelo no es materia muerta, sino un cuerpo en constante transformación. Estas transformaciones son físicas, químicas y biológicas. Ocurren especialmente en la capa superficial, hasta una profundidad de aproximadamente 25 cm (Graetz, 1983).

2.3.1. Evaluación de la fertilidad del suelo.

El propósito básico de la evaluación de la fertilidad del suelo es generar información acerca del estado nutrimental del suelo y predecir la respuesta relativa a la adición de nutrimentos. El estado nutrimental de los suelos cultivados es variable y cambia continuamente debido a la influencia de la adición de fertilizantes, a la pérdida de nutrimentos por lavado, a la remoción por el cultivo y mal manejo. La estimación en un sitio específico del estado de fertilidad actual de un suelo, es en consecuencia, muy importante para utilizar óptimamente las fuentes de fertilizantes (Waugh, *et al.*, 1980).

CICERO

El estado nutrimental de un suelo puede ser evaluado por varios métodos. Algunos de estos son: 1) experimentos de fertilización en la parcela donde se desarrolla el cultivo, 2) experimentos en macetas en invernaderos, 3) síntomas del cultivo, 4) análisis de plantas, 5) análisis rápido de tejidos o savia, 6) pruebas biológicas, cultivos de microorganismos en el suelo para detectar una toxicidad o deficiencia de nutrimentos, 7) análisis químico de suelo (Waugh, et al, 1980).

Los experimentos de fertilizantes en el campo, no pueden, en un sentido práctico, ser conducidos en cualquier campo agrícola y los resultados de la investigación no son fácilmente transferidos de un campo a otro. Los experimentos de fertilización en invernadero, además de costosos, consumen tiempo y son altamente restringidos a un cierto número de suelos que pueden ser manejados y a veces los resultados de producción no pueden ser cuantitativamente extrapolados al campo (Waugh, et al, 1980).

Los síntomas de deficiencia indican únicamente las deficiencias muy severas o condiciones de toxicidad y normalmente aparecen demasiado tarde en un período de crecimiento para que un agricultor inicie las acciones remediales; son posteriores a la muerte de la planta, este tipo de análisis ayuda a explicar cual elemento es el más conveniente, en que año y en qué suelo, pero no predice cuantitativamente las necesidades de fertilización (Waugh, et al, 1980).

Las pruebas biológicas pueden determinar el estado nutrimental de un suelo cuando se conducen apropiadamente pero son costosas y consumen mucho tiempo. Respecto a los análisis químicos rápidos, o pruebas de suelo, estos pueden ser indispensables y seguros y pueden servir como medio para transferir el conocimiento de campo, invernadero e

investigaciones de laboratorio en predicciones realizables de necesidades de fertilizantes y casi antes de que los cultivos sean sembrados (Peck y Melsted, 1973).

2.3.2. Propósitos generales del análisis de suelo.

El principio fundamental de estos análisis estriba en simular la actividad de la raíz de la planta por medio de una extracción química, empleando ácidos débiles, soluciones salinas o incluso agua pura como sustancias extractoras. Esta simulación no puede ser perfecta por dos razones principales. En primer lugar, la posibilidad de extraer nutrimentos del suelo varía mucho según el tipo de planta. En segundo término, la extracción en el laboratorio se hace en cuestión de minutos, o de pocas horas para que el procedimiento sea práctico, en tanto que las plantas de cultivo tardan una temporada entera en extraer sus nutrimentos (Rauser, 1980).

Los propósitos del análisis de suelo son los siguientes: 1) evaluar la fertilidad del suelo, 2) formular recomendaciones relativas a los fertilizantes, 3) determinar las necesidades de un cultivo antes de su implantación, 4) prever la respuesta en el rendimiento de un cultivo tras la aplicación de fertilizantes. (Hauser, 1980).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Características agroclimáticas de la región de estudio.

El nombre de Amatitán o Amatlán, deriva de las palabras "Amathe" que es un árbol parecido al nogal y de "Itan" o pequeño bosque, por lo que se interpreta como "Lugar de Amates o Árboles de papel" (SEPRODE/INEGI, 1995).

3.1.1. Descripción fisiográfica de la región de estudio.

El Municipio de Amatitán esta situado en la región centro del Estado sus coordenadas son de los 20° 50´ de latitud Norte, a los 103° 44´ de longitud Oeste, a una altura de los 1260 metros sobre el nivel del mar.

Limita al Norte con el municipio de Tequila; al Sur con Tala y Arenal; al Este con Zapopan y al Oeste con Teuchitlán.

Tiene una extensión territorial de 201.44 km² clasificadas agrológicamente de la forma siguiente: 200 has de riego, 8221 has de temporal y humedad, 2000 ha de bosque, 7021 has de pastizales y 3500 has de tierras improductivas.

Su topografía presenta relieves un tanto irregulares, predominando en la mayoría altitudes entre 900 y 1500 metros sobre el nivel del mar (msnm),

a excepción de la parte Norte, en donde coincide con los márgenes del Río Grande de Santiago, con altitudes entre 500 y 900 msnm y en el extremo Sudoeste donde alcanza las estribaciones del volcán de Tequila y se localizan altitudes entre 1500 y 2100 msnm.

Los ríos y arroyos de la subcuenca hidrológica "Santiago (Bolaños-Juchipila)" constituyen la hidrología de Amatitán y forman parte de la región hidrológica "Lerma-Chapala-Santiago" (SEPRODE/INEGI, 1995).

3.1.2. Clima.

El clima es Semiseco, con invierno y primavera secos, y semicálido, sin cambio térmico invernal bien definido. La temperatura media anual es de 26.1 °c, con máxima de 31.9 °c y mínima de 14.5 °c.

3.1.3. Precipitación.

El régimen de lluvias se registra entre los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, contando con una precipitación media de los 951.7 milímetros. El promedio anual de días con heladas es de cinco.

3.1.4. Suelo.

La composición de los suelos predominan los de tipo Luvisol Vértico y Crómico, con una textura fina en los primeros 30. Estos suelos se encuentran en una zona de intensa actividad volcánica, como lo ha sido el eje Neovolcanico, en donde se encuentran abundantes materiales volcánicos como el tezontle, lo que muestra que se han derivado fundamentalmente a partir de la intemperización de rocas ígneas extrusivas, fundamentalmente ferromagnesianas. Es común la presencia en el suelo de silicatos (cuarzo)

poco degradados,(SEPRODE/INEGI, 1995). En el lote experimental, la textura es Franco-arcilloso, presenta un pH ligeramente ácido, con un contenido de materia orgánica de 1.3 % en los primeros 30 cm del suelo, un nivel muy bajo de nitrógeno en forma amoniacal así como también fósforo y muy rico en potasio.

3.1.5. Ubicación y localización del experimento.

El ensayo de investigación se llevó a cabo en los campos de producción de agave de la empresa Herradura (San José del Refugio), en el Mpio. de Amatitán, Jalisco. el Predio se le denomina la Higuera, se encuentra localizado a unos 900 metros, hacia la parte Norte de la misma empresa (Figura. 3).

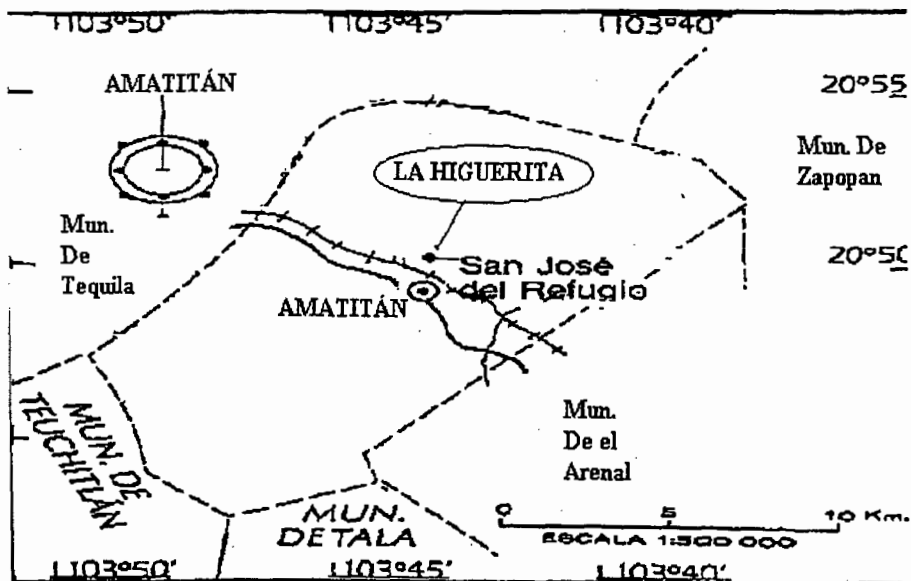


Figura. 3 Ubicación y localización del experimento.

3.2. Materiales físicos y/o genético.

3.2.1. Materiales físicos.

Los materiales físicos utilizados en el ensayo fueron las siguientes.

Materiales físicos de campo:

Vinaza, tractor, pipa, tambo de 200 litros, manguera de 3 metros, suelo, bolsas de polietileno, hojas de agave, ligas, bisturí, porta bisturí, pala, marcadores.

Materiales físicos de laboratorio:

Tijeras, bolsas de papel, pliegos de papel blanco, termómetro, chocomilera, probeta, hidrómetro, termómetro, matraces, potenciometro, agitador de vidrio, agitador mecánico, papel filtro, matraz kjeldahl, matraz enlemeyer, pipeta, vaso de precipitado, estufa, matraz volumétrico de 50 ml, matraz quitazato, crisol, mufla, plato caliente, gradillas, embudo de cristal, bomba de vacío, cajas de humedad, cuchillo, botes de plástico, desecador, equipo de espectrofotometría de absorción atómica, equipo de flamometría.

3.2.2. Materiales químico.

Por lo que respecta a los materiales químicos utilizados en el ensayo son las siguientes.

Materiales químico en vegetal:

Agua destilada, HCl 20%, HCl 2%, carbonato de sodio 0.1N, molibdo-Vanadato de amonio, ácido sulfúrico, tabletas kjeltabs, ácido bórico al 2%, ácido clorhídrico 0.1N, Verde de bromocresol, rojo de metilo, cloruro de estroncio, cloruro de cesio.

Materiales químico en suelo:

Hexametafosfato de sodio, dicromato de potasio, ácido sulfúrico, agua destilada, ácido fosfórico, difenil amina (indicador), sulfato ferroso 05 N, buffer 7.0, buffer 4.0, acetato de amonio pH 7.0, alcohol, reactivo de Nesler, parafina, perlas, granallas, cloruro de sodio, ácido bórico, indicador mixto para (C.I.C.), ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido acético, EDTA 05 m pH 7.0.

3.2.3. Material genético.

En cuanto al material genético que se utilizó para la evaluación del incremento de los macro y micronutrimiento fue agave Agave tequilana Weber Variedad azul.

Para desarrollar el presente estudio se utilizaron 60 hojas de agave de una plantación comercial de tres años de edad, se seleccionaron plantas sanas y que fueran lo más representativas, con la menor variación posible en cuanto a color, forma, tamaño y libre de enfermedades.

3.3. Variables bajo estudio.

Con el propósito de determinar el tipo de influencia que pudiera llegar a manifestarse por efecto directo de la aplicación de vinaza las variables que se considerarán en este ensayo fueron:

3.3.1. Los macro y micronutrientes en estudio.

Los macronutrientes y micronutrientes bajo estudio en foliar fueron: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Manganeseo (Mn).

3.3.2 Las propiedades químicas del suelo en estudio.

Además de las anteriores se determinó Acidez (pH), Materia orgánica (MO), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), Cationes intercambiables (Ca, Mg, Na, K).

3.4. Establecimiento del experimento.

Se delimitó el predio en parcelas pequeñas de 15 metros de largo por 3.5 metros de ancho para cada observación. Aplicando los siguientes tratamientos:

- 1). 100 % vinaza.
- 2). 75 % vinaza y 25% de agua.
- 3). 50 % vinaza y 50% de agua.
- 4). 25 % vinaza, y 75% agua.
- 5). testigo 0%(no se regó).

3.4.1. Deseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue un completamente aleatorizado (Steel y Torrie, 1990), con cinco tratamientos y cuatro observaciones por tratamiento. El modelo matemático es:

$$Y_{ij} = U + t_i + E_{ij}.$$

donde:

Y_{ij} = Variable dependiente

U = Media general

t_i = Efecto de tratamiento i ésimo

E_{ij} = Error experimental en el i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición

En el cuadro 7 se puede observar la distribución de los tratamientos en campo.

Cuadro 7. La distribución de los tratamientos en campo.

1	4	5	3	1
3	2	4	4	5
2	5	1	2	3
3	4	2	5	1

3.4.2. Desarrollo del experimento.

3.4.2.1. Muestreo de suelo.

Para evaluar el efecto de la vinaza en el suelo, se efectuó un muestreo de suelo en la parcela antes de la aplicación de la vinaza.

El muestreo de suelo se realizó el día 20 de noviembre de 1995 bajo el siguiente planteamiento: ya establecido el diseño en campo se muestreo, se tomaron muestras de suelo, en perforaciones de 30X30 cm, tomando aproximadamente dos kg de suelo por muestra. La muestra fue tomada de una de las paredes de la perforación donde se procuró que de una sola rebanada de suelo fueran los dos kg y siendo esta de la parte alta hasta la parte inferior de la perforación.

3.4.2.2. Aplicación de la vinaza en las parcelas.

La aplicación de la vinaza se llevó a cabo el día 28 de noviembre de 1995, haciendo la aplicación con una pipa, aplicando los tratamientos anteriormente señalados.

Después de la aplicación de la vinaza se realizaron dos muestreos más de suelo a cada tratamiento para determinar si existió algún cambio químico en el suelo respecto a los tratamientos aplicados.

3.4.2.3. Muestreo foliar del agave.

Se planteó efectuar tres muestreos foliares en agave para confirmar el efecto de la vinaza en suelo-planta. El primer muestreo foliar se realizó el día ocho de Enero de 1996, de la siguiente manera: se tomó una planta imaginariamente se dividió la piña en dos secciones transversales y observó

cuantas hojas presentaba desde la parte superior (cogollo) hasta la parte inferior (raíz), seleccionando la hoja que quedara en posición central lateral de la piña, considerando que esa hoja es donde se encuentra la mayor concentración de los elementos nutritivos de interés en el estudio. De esa hoja se extrajeron tres de la parte terminal, central y en la base de la hoja, de manera que las tres porciones dieran cuatro gramos de materia seca cantidad necesaria para realizar las determinaciones.

Las tres porciones de muestras se guardaron en bolsas de papel blanco previamente identificados para posteriormente realizar el proceso de lavado.

Se realizaron dos muestreos más siendo el segundo el día siete de Marzo de 1996 y el tercero el día 6 de Mayo de 1996.

3.4.2.4. Proceso de lavado de la muestra.

El proceso de lavado de la muestra se realizó de la siguiente manera. Llegando las muestras de campo al laboratorio se lavaron con agua corriente de la llave y se tallaron con un cepillo nuevo; posteriormente se efectuó otro lavado con agua destilada y se tallaron otra vez con otro cepillo nuevo; en esta lavada se enjuagaron perfectamente, entre cinco o seis veces con agua destilada sin jabón.

3.4.2.5. Proceso de secado de la muestra.

Las muestras se cortaron con un cuchillo en porciones pequeñas para facilitar su deshidratación y se guardaron en bolsas de papel blanco para evitar la contaminación del material con hongos. Después se colocaban en bolsas de papel blanco sobre charolas y se dejaron secar (de verde intenso a verde claro), a temperatura ambiente y a la sombra.

3.4.2.6. El proceso de molienda de la muestra.

La molienda de la muestra se realizó con licuadora, utilizando vasos nuevos y pequeños para evitar que el material quedara pegado en el vaso ya que la muestra es muy pequeña; ya hecho polvo la misma, se utilizó una brocha nueva para despegar todo el polvo que quedaba pegado a la pared del vaso, y se guardó en bolsas de polipapel previamente identificados para posterior proceso.

3.4.2.7. El proceso de calcinación de la muestra.

Para calcinar la muestra primeramente se pusieron en cajas de humedad. Se dejaron 24 horas a la estufa a 65 °C junto con los crisoles, luego se sacaron y se pusieron en un desecador para que se enfriaran las muestras, posteriormente se pesó un gramo de muestra en un crisol en la balanza analítica para que el peso fuera exacto, inmediatamente se procedió a calcinar la muestra en la mufla a 500 °C en un lapso de tiempo de cuatro horas por muestra, la mufla se abrió hasta el otro día, para dejar enfriar la mufla.

3.4.2.8. Proceso de extracción de elementos a partir de cenizas (Zarazúa, 1982).

Cuidadosamente se sacaron las muestras de la mufla de una por una y se le agregaron a cada una cinco ml de HCl al 20%, posteriormente se pasaron a un plato caliente hasta el desprendimiento de vapor blanco tratando de no hervir (volatilizan los elementos). Cada una se dejó enfriar, inmediatamente después se filtró en embudos de vidrio con papel filtró (Whatman número 41), de poro fino, previamente lavados con HCl al 2% y

recibiendo en vaso de precipitados de 100 ml, el crisol que contenía las cenizas y el ácido se lavó dos veces con agua desionizada hervida (fría a temperatura ambiente), luego se procedió a aforar en matraces volumétricos de 50 ml con agua desionizada, posteriormente se paso a un recipiente de plástico y se etiquetó perfectamente con todos los datos respectivos a la muestra.

3.4.2.9. Determinación colorimétrica de fósforo en planta (Método del Molibdo-Vanadato) (Zarazúa, 1982).

Se tomó una alícuota de 5 ml colocarlo en un matraz Erlenmeyer de 125 ml y se adicionó la cantidad necesaria de solución de carbonato de sodio 0.1N, para ajustar el pH en presencia de cuatro gotas de rojo de metilo como indicador. Se anotó el gasto de solución de carbonato de sodio 0.1N.

Se tomó otra alícuota igual a la anterior, se llevó a un matraz volumétrico de 50 ml, se adicionó los ml de carbonato de sodio que fue necesario o para ajustar el pH; pero sin indicador + 10 ml de Molibdo-Vanadato de amonio, Se aforó con agua destilada, se agitó, se dejó reposar 30 minutos. Al mismo tiempo se corren los blancos (sólo los ácidos) simultáneamente.

Sé leyeron los resultados a una longitud de onda de $L=470$ Nanometros (nM).

3.4.2.10. Determinación de nitrógeno en planta por Kjeldahl (Homer, *et al*, 1980).

El procedimiento micro Kjeldahl modificado para incluir a los nitratos, se hizo reaccionar 0.5 g de material de planta molido con 12 ml ácido sulfúrico, posteriormente se efectuó una digestión, con 2 tabletas kjeltabs

con concentración de (3.5 g Sulfato de potasio K_2SO_4 , 0.4 g Sulfato de cobre $CuSO_4$) que es una mezcla de sulfatos. Se conectó el tubo y se destila recibiendo en un matraz Erlenmeyer de 250 ml que contenía ácido bórico al 2%. Se titulo con ácido Clorhídrico de concentración 0.1 N estándar, utilizando una mezcla de indicador de verde de bromocresol y rojo de metilo.

3.4.2.11. Determinación de macro y micronutrientes en extracto de cenizas (Zarazúa, 1982).

La extracción de cada muestra perfectamente identificada de cada una de la solución se procedió a determinar los macronutrientes y micronutrientes.

Para calcio (Ca) se tomó una alícuota de 9 ml + 1 ml de Cloruro de estroncio y se mezclaron en un matraz volumétrico de 10 ml.

Para magnesio (Mg) se tomó una alícuota de 9 ml + 1 ml de Cloruro de estroncio y se mezclaron en un matraz volumétrico de 10 ml.

Para potasio (K) se tomo 9.5 ml + 0.5 ml de Cloruro de cesio y se mezclaron en un matraz volumétrico de 10 ml.

Para los micronutrientes: Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Manganeseo (Mn), se determinaron en los 20 ml que quedaron en el matraz original de 50 ml, en cada una de las determinaciones que se realizaron se utilizaron las lamparas correspondientes para cada elemento.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Resultados de los macronutrientes en el tejido foliar.

A continuación se presentan primeramente los análisis de varianza en el tejido foliar a los 30, 90 y 150 días, posteriores a la aplicación de vinaza, donde proceda se aplicó la comparación de medias de Tukey al nivel α de 0.05 ó 0.01.

El contenido de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio en el tejido foliar a los 30 días después de la aplicación de los tratamientos a base de vinaza a diferentes concentraciones no fueron estadísticamente diferentes al realizar el análisis de varianza de los niveles estudiados, (ver cuadros 8, 9, 10, 11, 12). De esto se desprende que, los niveles de los elementos disponibles en el suelo en condiciones naturales aportaron cantidades iguales de elementos que los tratamientos aplicados. De aquí pudiera pensarse que la vinaza, no aporta cantidades significativas de los elementos nutritivos requerido por la planta al poco tiempo de su aplicación o que quizás el agave no aprovecha los elementos nutritivos rápidamente, probablemente por la misma fisiología de la planta. López, 1990, citado por Valenzuela, 1997. Experimento con fertilización química completa de N, P y K; sobre agave de dos años de cultivo, no encontró efecto significativo alguno.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el contenido de Nitrógeno foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	0.0838839	0.020960	0.8651	3.06 NS
Error	15	0.3634430	0.024229		
Total	19	0.447269			

C.V. 10.75

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 9. Análisis de varianza para el contenido de Fósforo foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	0.005666	0.001416	0.8040	3.06 NS
Error	15	0.026427	0.001762		
Total	19	0.032093			

C.V. 35.44

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 10. Análisis de varianza para el contenido de Potasio foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	32903.75	8225.9375	0.5338	3.06 NS
Error	15	231133.25	15408.8838		
Total	19	264037.00			

C.V. 47.46

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 11. Análisis de varianza para el contenido de Calcio foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	32429.75	8107.4375	2.0640	3.06 NS
Error	15	58920.75	3928.0501		
Total	19	91350.50			

C.V. 24.21

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 12. Análisis de varianza para el contenido de Magnesio foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	268.2266	67.0566	1.3027	3.06 NS
Error	15	772.1406	51.4760		
Total	19	1040.3672			

C.V. 13.77

NS = No significativo α 0.05

Se puede observar que en lo general los coeficientes de variación en el muestreo uno son aceptables, sin embargo, para los análisis de Fósforo, Potasio y Calcio presentan una mayor variabilidad comparados con nitrógeno y magnesio, los coeficientes de variación son altos probablemente por haber cometido algunos errores en los análisis o toma de los datos.

Los análisis de varianza a los noventa días posteriores a la aplicación de los tratamientos a base de vinaza no mostraron diferencia significativa en el contenido de Nitrógeno, Potasio y Calcio en el tejido foliar (ver cuadros 13, 14, 15).

Cuadro 13. Análisis de varianza para el contenido de Nitrógeno foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	0.323265	0.080816	2.4549	3.06 NS
Error	15	0.493813	0.032921		
Total	19	0.817078			

C.V. 7.59

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 14. Análisis de varianza para el contenido de Potasio foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	17383.25	4345.8125	0.9663	3.06 NS
Error	15	67459.00	4497.2666		
Total	19	84842.25			

C.V. 17.43

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido Calcio foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	58398.00	14599.50	3.0276	3.06 NS
Error	15	72333.00	4822.50		
Total	19	130731.00			

C.V. 10.33

NS = No significativo α 0.05

Por otra parte los análisis de varianza para el Fósforo y el Magnesio si presentaron diferencia significativa en la concentración de estos dos elementos (ver cuadros 16, 17), por lo que se procedió a realizar la comparación de medias.

Cuadro 16. Análisis de varianza para el contenido de Fósforo foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	0.002252	0.000563	4.3531	3.06 *
Error	15	0.001940	0.000129		
Total	19	0.004193			

C.V 10.35

* = Significativo α 0.05

Cuadro 17. Análisis de varianza para el contenido de Magnesio foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	164.835938	41.208984	3.8888	3.06 *
Error	15	158.953125	10.596875		
Total	19	323.789063			

C.V. 5.55

* = Significativo α 0.05

En el cuadro 18 se observa claramente que para los contenidos de Fósforo al hacer la comparación de las medias, existen tres grupos, de los cuales el primer grupo esta formado por los tratamientos tres y cuatro, el segundo grupo esta formado por los tratamientos uno y cinco y el tercer grupo esta formado por el tratamiento dos, de ahí se observa que los dos mejores tratamientos que influyeron en cuanto al contenido de fósforo fueron los tratamiento tres y cuatro respectivamente, seguido del tratamiento uno y cinco, en el tratamiento dos fue donde se detecto el nivel más bajo del contenido del elemento en estudio.

En lo que respecta al Magnesio se observan tres grupos de medias, el primer grupo formado por el tratamiento uno, el segundo grupo esta formado por el tratamiento cuatro y tres y el tercer grupo esta integrado por los tratamientos dos y cinco. Como se puede observar el mejor tratamiento fue el uno en cuanto a la aportación de magnesio en el tejido foliar, seguido de los tratamientos cuatro y tres. Los tratamientos donde se observó la concentración más baja de este elemento fueron el dos y el cinco respectivamente. La comparación de medias para este se pude ver en el cuadro, 18.

Por lo anteriormente expuesto se intuye que probablemente el tiempo transcurrido desde la aplicación de la vinaza hasta los 90 días, el Fósforo y

el Magnesio se encuentran estos integrados a la solución del suelo y probablemente están ya estos disponibles para la absorción de la planta, de ahí que los dos elementos se hayan encontrado en una mayor concentración que los otros elementos en los análisis foliar. Valenzuela, 1994. Menciona que la aplicación de los fertilizantes químicos tienen diferentes efectos nutrimentales. La fertilización al cogollo del agave presentó una respuesta tardía y pérdida de N, mientras que la fertilización al suelo mostró la interacción de los tres nutrimentos (NPK), y mayores incrementos en el desarrollo general de la planta.

Cuadro 18. Comparación de medias a los 90 días posteriores a la aplicación de vinaza sobre el contenido de macronutrientes en tejido foliar de agave *Agave tequilana* Weber var. Azul.

Tratamiento	Fósforo (%)	Tratamiento	Magnesio (ppm)
3). 50 % vinaza y 50 % agua	0.1208 a	1). 100 % Vinaza	62.865 a
4). 25 % Vinaza y 75 % agua	0.1187 a	4). 25 % vinaza y 75 % agua	60.627 ab
1). 100 % vinaza	0.1095 ab	3). 50 % vinaza y 50 % agua	58.412 ab
5). 0 % vinaza	0.1095 ab	2). 75 % vinaza y 25 % agua	56.732 b
2). 75 % vinaza y 25 % agua	0.0908 b	5). 0 % vinaza	54.675 b

Tukey ($\alpha=0.05$)

0.0248*

7.1*

Los valores de las medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Como se puede observar los coeficientes de variación en el muestreo dos son aceptables ya que estos no son muy variables entre sí e indican que el procedimiento en los análisis y toma de datos fueron realizado adecuadamente.

Al llevar a cabo el análisis de varianza de los mismos elementos en el tejido foliar del agave, a los ciento cincuenta días posterior a la aplicación de los tratamientos de vinaza, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (ver cuadros, 19, 20, 21, 22, 23).

Cuadro 19. Análisis de varianza para Nitrógeno a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	0.030609	0.007652	0.4839	3.06 NS
Error	15	0.237183	0.015812		
Total	19	0.267792			

C.V. 4.01

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 20. Análisis de varianza para el contenido de Fósforo foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	0.001332	0.000333	2.5456	3.06 NS
Error	15	0.001962	0.000131		
Total	19	0.003294			

C.V. 7.06

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 21. Análisis de varianza para el contenido de Potasio foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	8156.50	2039.1250	1.1012	3.06 NS
Error	15	27776.00	1851.7332		
Total	19	35932.50			

C.V. 8.34

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 22. Análisis de varianza para el contenido de Calcio foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	15896.00	3974.00	1.8643	3.06 NS
Error	15	31975.00	2131.67		
Total	19	47871.00			

C.V. 6.54

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 23. Análisis de varianza para el contenido de Magnesio foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	0.929688	0.232422	1.1868	3.06 NS
Error	15	2.937500	0.195833		
Total	19	3.867188			

C.V. 0.81

NS = No significativo α 0.05

Como se puede observar los coeficientes de variación en el muestreo tres son aceptables ya que estos no son muy variables entre sí y estos e indican que el procedimiento en los análisis y toma de datos fueron realizado adecuadamente.

4.2. Resultados de los micronutrientos en el tejido foliar.

En lo que respecta a los micronutrientos, en los análisis de varianza a los treinta días posteriores a la aplicación de vinaza, la concentración de micronutrientos en el tejido foliar no mostraron diferencia significativa en cuanto al contenido de Hierro, Zinc, Cobre y Manganeseo como se observa en los cuadros, 24, 25, 26 y 27.

Cuadro 24. Análisis de varianza para el contenido de Hierro foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	834.164063	208.541016	0.9044	3.06 NS
Error	15	3458.601563	230.57441		
Total	19	4292.765625			

C.V. 45.39

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 25. Análisis de varianza para el contenido de Zinc foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	452.958008	113.239502	0.6177	3.06 NS
Error	15	2749.787109	183.319138		
Total	19	3202.745117			

C.V. 52.16

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 26. Análisis de varianza para el contenido de Cobre foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	112.567139	28.141785	2.1983	3.06 NS
Error	15	192.022827	12.801522		
Total	19	304.589966			

C.V. 45.43

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 27. Análisis de varianza para el contenido de Manganese foliar a los 30 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	350.120117	87.530029	0.7787	3.06 NS
Error	15	1686.004883	112.400322		
Total	19	2036.125000			

C.V. 39.78

NS = No significativo α 0.05

Se puede observar que en lo general en este muestreo los coeficientes de variación son altos probablemente por haber cometido algunos errores en los análisis o toma de los datos.

A los noventa días posteriores a la aplicación de los tratamientos con vinaza, los análisis de varianza de los elementos de Hierro y Manganese no presentaron diferencia significativa (Ver cuadros, 28, 29).

Cuadro 28. Análisis de varianza para el contenido de Hierro foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	120.00	30.00	0.4737	3.06 NS
Error	15	950.00	63.33		
Total	19	1070.00			

C.V. 18.95

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 29. Análisis de varianza para el contenido Manganese foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	46.799805	11.699951	0.6585	3.06 NS
Error	15	266.500000	17.766666		
Total	19	313.299805			

C.V. 15.11

NS = No significativo α 0.05

Sin embargo, en el análisis de varianza para los elementos de Zinc y Cobre si se observaron diferencias significativas (ver cuadro, 30,31).

Cuadro 30. Análisis de varianza para el contenido de Zinc foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	45.625000	11.406250	3.1466	3.06 *
Error	15	54.375000	3.625000		
Total	19	100.000000			

C.V. 8.46

* = Significativo α 0.01

Cuadro 31. Análisis de varianza para el contenido de Cobre foliar a los 90 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.01
Tratamiento	4	81.449951	20.362488	4.9264	4.89 **
Error	15	62.000000	4.133333		
Total	19	143.449951			

C.V. 20.23

** = Altamente significativo α 0.01

Al realizar la prueba de medias de tratamientos para Zinc, se observaron tres grupos, el primer grupo esta formado por el tratamiento cuatro, el segundo grupo esta representado por los tratamientos uno, tres y dos y el grupo tres lo representa el tratamiento cinco. El mejor tratamiento fue el cuatro siguiendo el tratamiento uno, dos y tres, en el tratamiento cinco se detecta la concentración más baja de este elemento (ver cuadro, 32).

Al realizar la comparación de medias para el Cobre se encontraron, tres grupos: el primero está formado por el tratamiento cuatro, el segundo grupo esta representado por los tratamientos uno, cinco y dos y el grupo tres esta representado por el tratamiento tres. El mejor tratamiento fue el

cuatro siguiendo los tratamientos uno, cinco y dos. En el tratamiento tres se encontró la concentración más bajo de este elemento (ver cuadro 32).

Cuadro 32. Comparación de medias de la aplicación de vinaza sobre el contenido de micronutrientes en tejido foliar de agave *Agave tequilana* Weber var. Azul a los 90 días posteriores a su aplicación.

Tratamiento	Zinc (ppm)	Tratamiento	Cobre (ppm)
4). 25 % Vinaza y 75 % agua	24.63 a	4). 25 % Vinaza y 75 % agua	13.875 a
1). 100 % Vinaza	23.38 ab	1). 100 % Vinaza	9.7500 ab
3). 50 % Vinaza y 50 agua	22.75 ab	5). 0 % Vinaza	9.3750 ab
2). 75 % Vinaza y 25 % agua	21.50 ab	2). 75 % Vinaza y 25 % agua	9.3700 ab
5). 0 % Vinaza	20.25 b	3). 50 % Vinaza y 50 % agua	7.8750 b

Tukey (*=0.05, **=0.01)

4.16*

5.65**

Los valores de las medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Se puede observar que lo general los coeficientes de variación son aceptables, sin embargo, para los análisis de Cobre y Hierro presentan una mayor variabilidad comparados con Zinc, los coeficientes de variación de esos elementos son altos probablemente por haber cometido algunos errores en los análisis o toma de los datos.

Los micronutrientes a los ciento cincuenta días posteriores a la aplicación de vinaza a diferentes concentraciones no se detecto en el análisis de varianza ninguna diferencia significativa (ver cuadros, 33, 34, 35, 36).

Cuadro 33. Análisis de varianza para el contenido de Hierro foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	42.50	10.625000	1.1591	3.06 NS
Error	15	137.50	9.166667		
Total	19	180.00			

C.V. 8.41

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 34. Análisis de varianza para el contenido de Zinc foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	791.925781	197.981445	1.3066	3.06 NS
Error	15	2272.812500	151.520828		
Total	19	3064.738281			

C.V. 40.66

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 35. Análisis de varianza para el contenido de Cobre foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	21.324951	5.331238	2.4325	3.06 NS
Error	15	32.875000	2.191667		
Total	19	54.199951			

C.V. 15.26

NS = No significativo α 0.05

Cuadro 36. Análisis de varianza para el contenido de Manganeso foliar a los 150 días posteriores a la aplicación de la vinaza a diferentes concentraciones en el agave, *Agave tequilana*, Weber.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft 0.05
Tratamiento	4	64.549805	16.137451	0.9364	3.06 NS
Error	15	258.500000	17.233334		
Total	19	323.049805			

C.V. 14.91

NS = No significativo α 0.05

Se puede observar que lo general los coeficientes de variación son altos probablemente por haber cometido algunos errores en los análisis o toma de los datos.

4.3. Resultados de los elementos del suelo.

En el primer muestreo de suelo los análisis de varianza para macronutrientes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio, no fueron estadísticamente significativos (ver cuadro 37), así como también en los micronutrientes: Hierro, Zinc, Cobre y Manganeseo ver cuadro 38. En este primer muestreo de suelo solamente se analizaron dos muestras por tratamiento ya que todavía no se aplicaban los tratamientos a base de vinaza. En los cuadros antes mencionados solamente se pueden observar, grados de libertad del error, cuadrados medios, F calculado, F de tablas y coeficiente de variación.

Cuadro 37. Análisis de varianza para los 5 macronutrientes en suelo antes de la aplicación de vinaza a diferentes concentraciones.

Elemento	G.L	C.M	Fc	Ft	C.V
Nitrógeno (%)	5	0.00005	4.00	5.19 NS	6.15
Fósforo (%)	5	0.0023	0.7898	5.19 NS	18.1
Potasio (ppm)	5	2099.90	2.1042	5.19 NS	12.03
Calcio (ppm)	5	73530.00	0.3902	5.19 NS	30.23
Magnesio (ppm)	5	13015.28	2.5776	5.19 NS	33.64

Cuadro 38. Análisis de varianza para los 4 micronutrientes en suelo antes de la aplicación de vinaza a diferentes concentraciones.

Elemento	G.L	C.M	Fc	Ft	C.V
Hierro (ppm)	5	356.60	0.3782	5.19 NS	12.14
Zinc (ppm)	5	0.70	3.3571	5.19 NS	23.24
Cobre (ppm)	5	0.9270	0.8161	5.19 NS	23.31
Manganeseo (ppm)	5	3427.50	2.5773	5.19 NS	13.76

En el análisis de varianza para cationes intercambiables cationes intercambiables: Potasio, Sodio, Magnesio y Calcio no mostraron diferencia significativa en su concentración, así como también en lo que respecta a materia orgánica, capacidad de intercambio cationico y pH no mostraron diferencia significativa en su concentración en este primer muestreo, aquí también solamente se analizaron dos muestras por tratamiento ver cuadro

39, se pueden observar solamente grados de libertad del error, cuadrados medios, F calculado, F de tablas y coeficiente de variación.

Cuadro 39. Análisis de varianza para los cationes intercambiables, materia orgánica, capacidad de intercambio cationico y pH en suelo antes de la aplicación de vinaza a diferentes concentraciones.

Elemento	G.L	C.M	Fc	Ft	C.V
Potasio (meq/100 grs)	5	0.02812	0.6202	5.19 NS	17.15
Sodio (meq/100 grs)	5	0.0034	0.7770	5.19 NS	12.54
Magnesio (meq/100 grs)	5	0.2938	4.5758	5.19 NS	19.43
Calcio (meq/100 grs)	5	0.7555	2.2245	5.19 NS	18.69
M. O.	5	0.0056	4.4685	5.19 NS	4.89
C. I. C. (meq/100 grs)	5	4.261426	0.5641	5.19 NS	9.93
PH	5	0.0581	1.077	5.19 NS	4.20

Se puede observar que en el primer muestreo por lo general los coeficientes de variación son aceptables, aunque existen unos coeficientes altos, debido que esos elementos son inmóviles en el suelo o que se cometieron errores en los análisis y en la toma de las muestras.

A los sesenta días posteriores a la aplicación de los tratamientos a base de vinaza a diferentes concentraciones, ya en este muestreo se analizaron todas las observaciones por tratamiento, en el análisis de varianza de los macronutrientes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio se encontró que no manifestaron ningún cambio significativo en su concentración ver cuadro, 40, no siendo así para calcio.

Cuadro 40. Análisis de varianza para los 5 macronutrientes en suelo después de 60 días de haber aplicado de vinaza a diferentes concentraciones.

Elemento	G.L	C.M	Fc	Ft	C.V
Nitrógeno (%)	15	0.00023	1.3224	3.06 NS	11.38
Fósforo (%)	15	0.00069	0.5996	3.06 NS	6.77
Potasio (ppm)	15	4288.83	2.8668	3.06 NS	20.06
Calcio (ppm)	15	11461.59	7.5001	4.89 **	11.00
Magnesio (ppm)	15	17925.617	1.4182	3.06 NS	39.08

En la comparación de medias para este elemento si hubo diferencia altamente significativo, observándose tres grupos de medias diferentes entre sí, el primer grupo constituido por el tratamiento dos, el grupo dos lo constituyen los tratamientos uno, tres y cuatro y el grupo tres esta integrado por el tratamiento cinco, el mejor tratamiento fue el dos seguido de los tratamientos uno, tres y cuatro en el tratamiento cinco fue donde se detecto la concentración más baja de este elemento.

Cuadro 41. Comparación de medias a los 60 días después de la a aplicación de vinaza a diferentes concentraciones sobre calcio como elemento nutritivo del suelo.

TRATAMIENTOS	CALCIO (ppm)
2). 75 % vinaza y 25 % agua	1207.50 a
1). 100 % vinaza	977.50 ab
4). 25 % vinaza y 75 agua	920.00 ab
3). 50 % vinaza y 50 % agua	977.50 ab
5). 0 % vinaza (no se rego)	805.00 b

Tukey (*=0.05, **=0.01)

297.6 **

Los valores de las medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Por otra parte a los mismos sesenta días la comparación de medias para los micronutrientos Cobre y Manganeso no hubo diferencia significativa (ver cuadro 42).

Sin embargo para Hierro y Zinc se manifestó una diferencia altamente significativo en su concentración (ver cuadro 42).

Cuadro 42. Análisis de varianza para los 4 micronutrientos en suelo después de 60 días de haber aplicado de vinaza a diferentes concentraciones.

Elemento	G.L	C.M	Fc	Ft	C.V
Hierro (ppm)	15	679.2168	8.1736	4.89 **	12.00
Zinc (ppm)	15	0.9083	7.3968	4.89 **	21.00
Cobre (ppm)	15	4.2333	1.1339	3.06 NS	39.57
Manganeso (ppm)	15	7862.07	1.1442	3.06 NS	19.14

Para Hierro se observan tres grupos, el primer grupo esta integrado por los tratamientos uno, tres y cuatro. El segundo grupo esta constituido por el tratamiento dos y el tercer grupo, esta representado por el tratamiento cinco. En este elemento los mejores tratamientos fueron el uno, tres y cuatro, seguido del tratamiento dos; en el tratamiento cinco se detecto la concentración más baja de esta elemento (ver cuadro, 43).

Cuadro 43. Comparación de medias a los 60 días después de la aplicación de vinaza a diferentes concentraciones sobre la concentración de Hierro del suelo.

TRATAMIENTOS	HIERRO (ppm)
1). 100% Vinaza	238.75 a
2). 75% Vinaza y 25% agua	209.00 ab
3). 50% Vinaza y 50% agua	230.00 a
4). 25% Vinaza y 75% agua	246.25 a
5). 0% Vinaza (no se rego)	153.75 b

Tukey (*=0.05,**=0.01)

72.4 **

Los valores de las medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Se detecto un efecto altamente significativo en Zinc en concentración obteniendo tres grupos de medias para este elemento el primer grupo esta integrado por los tratamientos uno, dos y tres, el segundo grupo esta representado por el tratamiento cuatro y el tercer grupo de tratamientos esta constituido por el tratamiento cinco, en este elemento el mejor grupo fueron los tratamientos uno, dos y tres, seguidos respectivamente por el tratamiento cuatro, y el tratamiento cinco se detecto la concentración más baja (ver cuadro, 44).

Cuadro 44. Comparación de medias a los 60 días después de la aplicación de vinaza a diferentes concentraciones sobre la concentración de Zinc del suelo.

TRATAMIENTOS	ZINC (ppm)
1). 100% Vinaza	5.25 a
2). 75% Vinaza y 25% agua	5.50 a
3). 50% Vinaza y 50% agua	5.37 a
4). 25% Vinaza y 75% agua	3.87 ab
5). 0% Vinaza (no se rego)	2.50 b

Tukey (**=0.05, ***=0.01)

2.6 **

Los valores de las medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

En el análisis de varianza a los sesenta días únicamente hubo diferencia significativa en Materia orgánica y Calcio en cationes intercambiables un incremento en su concentración (ver cuadro 45).

Cuadro 45. Análisis de varianza para los cationes intercambiables, Materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y pH a los 60 días después de haber aplicado vinaza a diferentes concentraciones.

Elemento	G.L	C.M	Fc	Ft	C.V
Potasio (meq/100 grs)	15	0.02805	2.8668	3.06 NS	20.06
Sodio (meq/100 grs)	15	0.0099	0.5462	3.06 NS	16.83
Magnesio (meq/100 grs)	15	1.2123	1.4182	3.06 NS	39.08
Calcio (meq/100 grs)	15	0.2865	7.5001	4.89 **	13.00
M. O.	15	0.1134	10.1394	4.89 **	15.00
C. I. C. (meq/100 grs)	15	4.3751	1.2168	3.06 NS	9.37
PH	15	0.0902	1.6996	3.06 NS	4.91

En la comparación de medias para Calcio en cationes intercambiables, se puede observar tres grupos de medias; el primer grupo esta representado por el tratamiento dos, el grupo dos esta constituido por los tratamientos uno, tres y cuatro y el tercer grupo esta representado por el tratamiento cinco observándose que el mejor tratamiento fue el dos siguiendo el uno, tres y el cuatro, el tratamiento cinco fue donde se detecto la concentración más baja (ver cuadro, 46).

Cuadro 46. Comparación de medias a los 60 días después de la aplicación de vinaza a diferentes concentraciones sobre el calcio como cation intercambiable del suelo.

TRATAMIENTOS	CALCIO CATIONES/INTER
2). 75% Vinaza y 25% agua	6.04 a
1). 100% Vinaza	4.89 ab
3). 50% Vinaza y 50% agua	4.60 ab
4). 25% Vinaza y 75% agua	4.89 ab
5). 0% Vinaza (no se rego)	4.03 b

Tukey (*=0.05,**=0.01)

1.7 **

Los valores de las medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

En el análisis de varianza para Materia orgánica si fue altamente significativo, en la comparación de medias se pueden observar solamente dos grupos el primer grupo esta integrado por los cuatro tratamientos aplicados y el segundo grupo esta integrado por el testigo (ver cuadro, 47).

Cuadro 47. Comparación de medias a los 60 días después de la aplicación de vinaza a diferentes concentraciones sobre la concentración de Materia orgánica del suelo.

TRATAMIENTOS	MATERIA ORGANICA %
1). 100% Vinaza	2.50 a
2). 75% Vinaza y 25% agua	2.78 a
3). 50% Vinaza y 50% agua	2.34 a
4). 25% Vinaza y 75% agua	2.57 a
5). 05 Vinaza (no se rego)	1.40 b

Tukey (*=0.05,**=0.01)

0.94 **

Los valores de las medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Se puede observar que en el segundo muestreo por lo general los coeficientes de variación son aceptables, aunque existen unos coeficientes altos, debido que esos elementos son inmóviles en el suelo o probablemente por haber cometido algunos errores en la toma y analisis de los datos.

Ortiz, 1990 la descomposición de Materia orgánica produce diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Estos nutrientes son liberados y satisfacen las necesidades de las plantas, cuando las condiciones

son favorables para una rápida liberación de nutrientes de la materia orgánica.

La sustancia orgánica es importante fuente de elementos de nutrición para las plantas. Contiene casi toda la reserva de Nitrógeno, una parte esencial de Fósforo y Azufre, así como una pequeña cantidad de Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y otros elementos (Yagodin, 1986)

A los ciento veinte días posteriores a la aplicación de vinaza ya no se determinaron macro y micronutrientes en suelo, por falta de diferentes tipos de apoyo.

Para la Materia orgánica, Capacidad de intercambio cationico, pH y los cationes intercambiables: Potasio, Sodio, Magnesio y Calcio, Ver cuadro 48 se observa que solamente en la Materia orgánica se detectó un cambio en su concentración, por lo que respecta al resto de los elementos no hubo diferencia significativa.

Cuadro 48. Análisis de varianza para los cationes intercambiables, Materia orgánica, capacidad de intercambio cationico y pH en suelo después de 120 días de haber aplicado vinaza a diferentes concentraciones.

Elemento	G.L	C.M	Fc	Ft	C.V
Potasio (meq/100 grs)	15	0.01888	2.2489	3.06 NS	19.62
Sodio (meq/100 grs)	15	0.01575	1.5494	3.06 NS	33.27
Magnesio (meq/100 grs)	15	3.4385	0.5577	3.06 NS	51.67
Calcio (meq/100 grs)	15	2.3805	0.4167	3.06 NS	26.83
M. O.	15	0.0735	10.0347	4.89 **	13.65
C. I. C. (meq/100 grs)	15	7.85247	0.1024	3.06 NS	14.02
PH	15	0.1034	2.1918	3.06 NS	5.30

En la comparación de medias para materia orgánica se detectaron, dos grupos el primer grupo esta constituido por los cuatro tratamientos aplicados y el grupo dos esta representado por el testigo (ver cuadro 49).

Cuadro 49. Comparación de medias del elemento Materia orgánica a la aplicación de vinaza sobre los componentes químicos del suelo a los 120 días.

TRATAMIENTOS	MATERIA ORGANICA %
1). 100% Vinaza	2.12 a
2). 75% Vinaza y 25% agua	2.22 a
3). 50% Vinaza y 50% agua	2.27 a
4). 25% Vinaza y 75% agua	2.09 a
5). 0% Vinaza (no se rego)	1.23 b

Tukey (*=0.05,**=0.01)

0.75 **

Los valores de las medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Se puede observar que en el tercer muestreo por lo general los coeficientes de variación son altos, debido probablemente por haber cometido algunos errores en la toma o análisis de los datos.

5. CONCLUSIONES.

En seis meses de estudio, bajo las condiciones ambientales y de manejo en que se llevó a cabo la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los diferentes tratamientos utilizados de vinaza provocaron un incremento en las concentraciones de Fósforo, Magnesio, Zinc y Cobre, en el tejido foliar a los noventa días después de la aplicación de vinaza donde el tratamiento más sobresaliente fue el de 25% de vinaza y 75% de agua.
2. La aplicación de vinaza incrementó en el suelo el contenido de Materia orgánica, así como los elementos nutritivos: Calcio, Hierro y Zinc donde el tratamiento más sobresaliente fue el de 75% de vinaza y 25% de agua.
3. En base al punto anterior se puede concluir que la aplicación de vinaza al suelo aumenta su fertilidad; además de mejorar las condiciones físicas del mismo.
4. En lo que concierne a las hipótesis planteadas, efectivamente la aplicación de vinaza incrementa la cantidad de los elementos en el tejido foliar, y mejora las condiciones de fertilidad del suelo.

6. RECOMENDACIONES.

1. Se hace necesario probar mayores volúmenes por hectárea de cada uno de los tratamientos aquí probados, considerando que la profundidad de suelo húmedo no rebasa los 2 cm al momento de su aplicación.
2. En el estudio se realizó una sola aplicación de vinaza, por lo que se hace necesario probar con mayores números de aplicación por hectárea, durante un lapso más largo de tiempo.
3. Considerar un diseño de tratamientos más adecuado para la evaluación estadística que detecte con mayor precisión el efecto de los tratamientos.
4. Complementar la información con mediciones físicas y químicas como sería, pruebas de infiltración de agua en el suelo.

7. LITERATURA CITADA.

1. Aldrich. S. R. 1973. Plant analysis: problems and oportunities. Y Walsh, L. M. and J.M. and J. D. Beaton (Ed.s)Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc Amer. Madison, Wi. (pp 213-223).
2. Bidwell. R. G. S. 1983. Fisiología vegetal. Ed. AGT Editor (pp 396-400).
3. Cedeño. C. M. 1995. Tequila Producción. Rev. Critical Reviewsin Biotechnology 15 (1); 1-11 CRC Press Inc.
4. Diario Oficial de la Nación. 1997 Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca NOM-001-ECOL-1996.
5. Dominguez. V. A. 1989. Tratado de fertilización. 2ª Revisada y Ampliada. Ed. Mundi-Prensa.
6. García. H. J. J. 1997. estudio del cultivo del maguey tequilero Agave tequilana Weber y su industrialización en la región centro del estado de Jalisco. Tesis para obtener el titulo de Ingeniero Agrónomo Especialista en Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.
7. Gil. M. F. 1995. Elementos de Fisiología Vegetal Relaciones hídricas. Nutrición mineral. Transporte. Metabolismo. Ed. Mundi-Prensa (pp 249-270).

8. Graetz. H. A. 1983. Suelos y fertilizantes. Manual para educación agropecuaria. Ed. trillas. (pp 23).
9. Gros. A. 1986. Abonos Guía práctica de la fertilización. 7 Edición revisada y ampliada. Ed. Mundi-Prensa.
10. Hauser. G. F. 1980. Interpretación de los análisis de suelos al formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de suelos de la FAO No. 18. (pp 75).
11. Homer. Et al. 1980. Métodos de analisis para suelos, plantas y aguas. Ed. Trillas (pp 102).
12. Junta de Extremadura. 1992. Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego consejo de abonado (Norma Básica). Coedición Junta de Extremadura Consejería de Agricultura y comercio. Ed. Mundi-Prensa (pp 123-134).
13. Lira. R. H. S. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Trillas, México (pp 173-174).
14. Loué. A. 1988. Los microelementos en agricultura. Ed. Mundi-Prensa (pp 107-140).
15. Millar. Et al. 1980. Fundamentos de la ciencias del suelo. 4a. Ed. C.E.C.S.A. (pp 338-339).
16. Ortiz. V. B. Y Ortiz. S.C. 1990. Edafología. Séptima edición en español Ed. Patronato Universitario (pp 135-136).

17. Ortega. T. E. 1972. Riegos en el uso de análisis de suelos para diagnosticar deficiencias nutritivas en los suelos agrícolas. Primer seminario especializados para extensionistas. IMPA. México (PP. 117-121).
18. Peck, T. R. and Melsted, S. W. 1973. Field Sampling for soil testing. In, Walsh, L. M. and Beaton, J. D. (Eds). Soil testing and planta analuysis. Soil sci. Soc. Amer. Madison WI. (pp 67-77).
19. Peraza. L. F. 1994. Estudio de alternativas tecnologicas para el tratamiento de vinazas de la industrias azucareras y tequileras. CIATEJ, A.C.
20. Perez. L. 1887. Estudio sobre el agave llamado mezcal. Boletín de la sociedad agrícola Mexicana.
21. Rodriguez. F. S. 1982. Fertilizantes, nutrición vegetal. Ed. AGT Editor, S.A (pp 53-97).
22. SARH.1993. Delegación Jalisco. I Informe General del Agave Tequilero.
23. Seprode/Inegi. 1995. Memorias del Municipio en Jalisco. Unidad Editorial. Gobierno de Jalisco.
24. Sepulveda. M. J. J. 1998. Avance en la investigación sobre uso de las vinazas. Memoria. "Foro de análisis de la problemática de la cadena productiva Agave-tequila". 30 de Octubre de 1998. Colegio de ingenieros agronomos del estado de Jalisco, A.C. Tlaquepaque, Jalisco (pp 146-154).
25. Steel and Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. Segunda Ed. Mc. Graw Hill.

26. Tisdale. S. L. y Nelson. W. L. 1982. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Ed. UTEHE (pp. 482-495).
27. Valenzuela. Z. A. 1987. La poda en el agave tequilero "Agave tequilana Weber" y su influencia en la productividad. Tesis de licenciatura. Agronomía.
28. Valenzuela. Z. A. 1992. Fertilización en plantaciones jóvenes de agave tequilero, (Agave tequilana Weber, variedad Azul). Tesis para optar al grado de maestro en ciencias en manejo de áreas de temporal. Universidad de Guadalajara.
29. Valenzuela. Z. A. 1994. El agave tequilero: su cultivo e industrialización. Ed. Mosanto. México. (pp 97-99).
30. Valenzuela. Z. A. 1997. El agave tequilero su cultivo e industria 2ª edición. Ed Litteris.
31. Várela. F. M. 1987. Evaluación de la fertilización orgánica (vinaza en Melaza) en las características Agroindustriales de la caña de azúcar en Izucar de Matamoros, Puebla.
32. Waugh. *et al.* 1980. Discontinuous models for rapid correlation, interpretation and utilization of soil analysis and fertilizer response data. North Carolina State University Af. Raleigh, (pp 77).
33. Wild. A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ediciones Mundi-Prensa (pp 89-92).
34. Worthen. E. L. y Aldrich, S. R. 1980. Suelos agrícolas su conservación y fertilización. Ed. UTEHA (pp 110-112).

35. Yágodin. B.A. 1986. Agroquímica. Tomo II. Ed. Mir Moscú (pp 15-19).

36. Zarazúa. C. B. 1982. Practicas de Laboratorio de Bromatología. Universidad de Guadalajara. Escuela de Agricultura.