

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE AGRONOMIA



Efecto del Algaenzims® Sobre las Características del suelo,  
el Rendimiento y Contenido de Proteína en Grano de Trigo

*POR:*

JESUS IGNACIO CEDILLO RAMIREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Noviembre de 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISION DE AGRONOMIA

Efecto del Algaenzim® Sobre las Características del suelo,  
el Rendimiento y Contenido de Proteína en Grano de Trigo

PRSENTADA POR:

JESUS IGNACIO CEDILLO RAMIREZ

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador  
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

Presidente del Jurado

---

M.C. Victor Manuel Zamora Villa

Asesor

Asesor

---

M.C. César E Chávez Robles

---

M.C. Ma. Rosario Quezada Martin

---

M.C. Benito Canales López

COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA

---

M.C. Mariano Flores Davila

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Noviembre de 1998.

## AGRADECIMIENTO

A **Dios**, por darme la dicha de vivir en este mundo y así poder cumplir uno de mis anhelos que desde niño soñe, gracias por guiarme por el camino correcto en los momentos difíciles y felices que me has encomendado, ya que con ellos aprendí a valorar la vida y a mis seres queridos.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**, por aceptarme en su lecho como un hijo más y poder concluir mis estudios profesionales.

Gracias mi **Alma Terra Mater** siempre te defenderé con orgullo.

Al **CIQA** (Centro de Investigación en Química Aplicada), por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de tesis en sus instalaciones.

Al M.C. Victor Manuel Zamora Villa, por su valiosa asesoría y darme las facilidades de trabajar en la Bodega de Cereales de la “UAAAN” , para la realización de este trabajo.

Al M.C. Cesar Efraín Chávez Robles, por sus consejos y brindarme su confianza, apoyo y asesoría, para realizar este trabajo.

A la Bióloga Rosario Quezada, por brindarme su apoyo, confianza y asesoría, en el presente trabajo.

Al Ing. Benito Canales López, por permitirme realizar mi trabajo de tesis en este proyecto y colaborar en la asesoría del mismo.

A la bióloga Juanita y al Ing. Felipe, por su apreciable amistad.

A todos mis compañeros (as), de la octava sección de tronco común y segunda sección de horticultura de la generación 84, con quienes conviví esta etapa de mi vida.

A mis compañeros del internado palomar 3 cuarto 10, por sus consejos ,apoyo y esa gran amistad que hubo con cada uno de ellos.

A mis amigos de confianza:

Jorge A. Cruz S:

Marcelino Hernandez R.

Isabel Cuatecontzi G.

Ana B. Carballo.

## DEDICATORIA

### Con todo cariño y amor para mis padres:

Ignacio Cedillo Gaméz  
y  
Margarita Ramírez Balderas

Por traerme al mundo y brindarme todo su amor, confianza y apoyo durante mi carrera profesional, para llegar a ser alguien en la vida **GRACIAS POR TODO.**

### A mis hermanos:

María Margarita  
y  
Sergio Francisco

Por convivir desde niño los momentos difíciles y felices, pero siempre unidos gracias a los consejos de nuestros padres.

### A mi cuñado:

Carlos González G.

Por ser como un hermano más para mí.

### A mi sobrino:

Carlitos

Por ser la alegría de la casa.

### A mis abuelos:

Zenón Cedillo ( † )  
Ignacia Gaméz ( † )

Fernando Ramírez ( † )  
Crecencia Balderas

A todos mis tíos, primos y amigos, que me apoyaron y dieron consejos para salir adelante.

## INDICE DE CONTENIDO

|   | <b>PAGINA</b> |
|---|---------------|
| <b>INDICE DE CUADROS</b> -----                                    | ix            |
| -----   |               |
| <b>INDICE DE FIGURAS</b> -----                                    | xi            |
| -----   |               |
| <b>.INTRODUCCION</b> -----  | 1             |
| -----   |               |
| Objetivos-----  | 3             |
| -----   |               |
| Hipótesis-----  | 3             |
| -----   |               |
| <b>REVISION DE LITERATURA</b> -----                               | 4             |
| -----   |               |
| Características generales de las algas-----                       | 4             |
| -   |               |
| Clasificación-----  | 5             |
| -----   |               |
| Reproducción-----   | 5             |
| -----   |               |
| Composición-----  | 6             |
| -----   |               |
| Productos hechos a base de algas marinas-----                     | 7             |
| -----   |               |
| Efectos producidos por las algas en las plantas-----              | 9             |
| -----   |               |
| Las algas y la materia oraganica-----                             | 12            |
| -----   |               |
| Extracto de algas en la aplicación foliar-----                    | 13            |
| -----   |               |
| Análisis foliares-----  | 16            |
| -----   |               |
| Experimentos realizados en trigo con extractos de algas-----      | 17            |
| -----   |               |
| Experimentos hechos con extractos de algas en la agricultura----- | 19            |
| -----   |               |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| ----- | Fuente de nitrógeno-----                                   | 23 |
| ----- | El nitrógeno del suelo y su absorción por las plantas----- | 27 |
| ----- | Contenido de proteínas en trigo-----                       | 28 |
| ----- | Determinación de nitrógeno y proteína cruda-----           | 29 |
| ----- | Efectos que causan las algas en el suelo-----              | 30 |
| ----- | Descripción del producto <b>ALGAENZIMS®</b> -----          | 32 |
| ----- | <b>MATERIALES Y METODOS</b> -----                          | 35 |
| ----- | Localización del sitio experimental-----                   | 35 |
| ----- | Clima-----   | 35 |
| ----- | Suelo-----   | 36 |
| ----- | Agua de riego-----   | 36 |
| ----- | Material vegetativo-----                                   | 37 |
| ----- | Diseño experimental-----                                   | 37 |
| ----- | Modelo estadístico-----                                    | 37 |
| ----- | Establecimiento del experimento-----                       | 39 |
| ----- | Preparación del terreno-----                               | 39 |
| ----- | Trazo de parcelas-----                                     | 39 |
| ----- | Siembra y aplicación de tratamientos-----                  | 39 |
| ----- | Labores realizadas-----                                    | 40 |
| ----- | Deshierbes-----  | 40 |
| ----- | Riegos-----  | 40 |
| ----- | Fertilización-----   | 41 |
| ----- | Aplicación de agroquímicos-----                            | 43 |

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| ----- | Cosecha-----  | 43        |
| ----- | Condiciones climatológicas-----   | 44        |
| ----- | Variables evaluadas-----  | 45        |
| ----- | Altura de planta-----   | 45        |
| ----- | Longitud de espiga-----   | 45        |
| ----- | Espiguillas por espiga-----   | 45        |
| ----- | Número de granos por espiga-----  | 45        |
| ----- | Número de espigas dañadas por carbón volador-----   | 46        |
| ----- | Rendimiento-----  | 46        |
| ----- | Peso seco de la raíz-----   | 46        |
| ----- | Peso seco de la paja-----   | 46        |
| ----- | Análisis de suelo-----  | 47        |
| ----- | Análisis foliar-----  | 47        |
| ----- | Análisis de la paja-----  | 48        |
| ----- | Análisis de proteína en el grano-----   | 48        |
| ----- | <b>RESULTADOS Y DISCUSION-----</b>  | <b>49</b> |
| ----- | Discusión de los elementos del análisis inicial y final del suelo-----                    | 49        |
| ----- | Discusión de los elementos secundarios y microelementos del análisis final del Suelo----- | 52        |
| ----- | Componentes de Rendimiento-----   | 54        |
| ----- |   | 55        |
| ----- | Variables Agronómicas y Componentes del Rendimiento-----                                  | 56        |
| ----- | Variables de vigor-----   |           |
| ----- |   |           |

|   |    |
|---|----|
| Altura de la planta-----  | 56 |
| -----   |    |
| Peso seco de la raíz-----   | 57 |
| -----   |    |
| Peso seco de la paja-----   | 57 |
| -----   |    |
| Peso seco de raíz y paja-----   | 58 |
| -----   |    |
| Número de tallos en un metro cuadrado-----  | 58 |
| -----   |    |
| Longitud de la espiga-----  | 60 |
| -----   |    |
| Espiguillas por espiga-----   | 60 |
| -----   |    |
| Número de granos por espiga-----  | 61 |
| -----   |    |
| Peso del grano de diez espigas-----   | 61 |
| -----   |    |
| Discusión del análisis foliar en trigo realizado al inicio de floración ----  | 62 |
| -----   |    |
| Comportamiento de los niveles nutrimentales de acuerdo a los resultados del análisis foliar, comparados con los niveles reportados por la Junta de Extremadura, 1992----- | 65 |
| -----   |    |
| Discusión del análisis de la paja de trigo-----   | 67 |
| -----   |    |
| Discusión del análisis del grano de trigo-----  | 69 |
| -----   |    |
| <b>CONCLUSIONES</b> -----   | 72 |
| -----   |    |
| <b>RESUMEN</b> -----  | 74 |
| -----   |    |
| <b>LITERATURA CITADA</b> -----  | 76 |
| -----   |    |
| <b>APENDICE</b> -----   | 82 |
| -----   |    |

## INDICE DE CUADROS

| <b>Cuadro No.</b>  | <b>PAGINA</b> |
|--|---------------|
| 2.1 Componentes y carbohidratos que contienen las algas-----<br>---- | 33            |
| 2.2 Elementos que contienen las algas-----<br>-----                  | 33            |

|   |    |
|---|----|
| 2.3 Otros elementos presentes en las algas-----   | 34 |
| -----   |    |
| 3.1 Descripción de los tratamientos utilizados-----   | 38 |
| -----   |    |
| 3.2 Contrastes ortogonales-----   | 38 |
| -----   |    |
| 3.3 Calendario de riegos aplicados-----   | 31 |
| -----   |    |
| 3.4 Condiciones ambientales presentadas durante el desarrollo del cultivo de<br>trigo tratado con Algaenzims®, CIQA, 1998-----                                      | 44 |
| ----  |    |
| 4.1 Análisis inicial y final del suelo del campo experimental del CIQA,<br>realizado en los primeros 20 cm de profundidad.-----                                     | 51 |
| -----   |    |
| 4.2 Resultados de los elementos secundarios y microelementos del análisis<br>final del suelo cultivado con trigo y tratado con Algaenzims®.-----                    | 53 |
| -----   |    |
| 4.3 Cuadrados medios y significancia del ANVA para las variables estudiadas,<br>CIQA 1998.-----   | 56 |
| -----   |    |
| 4.4 Análisis foliar en trigo realizado al inicio de la floración en la segunda y<br>tercera hoja , comenzando por la punta de crecimiento de la planta-----         | 65 |
| --  |    |
| 4.5 Niveles de nutrientes en floración del trigo determinados en la segunda y<br>tercera hoja de trigo comenzando por la punta de crecimiento de la<br>planta.----- | 67 |
| -----   |    |
| 4.6 Análisis de la paja en cultivo de trigo tratado con Algaenzims®.-----   | 69 |
| ----  |    |
| 4.7 Análisis de grano de trigo, para determinar su contenido de proteínas y<br>otros atributos de calidad.-----   | 71 |
| -----   |    |
| 1 A. Comportamiento de las medias de la variable de rendimiento total, en<br>respuesta a la aplicación de Algaenzims®.-----   | 83 |
| -----   |    |
| 2 A. Comportamiento promedio de las variables de vigor en trigo, en respuesta<br>a la aplicación de Algaenzims®.-----   | 84 |
| -----   |    |
| 3 A. Comportamiento de las medias de algunas características en la espiga de<br>trigo, en respuesta a la aplicación de Algaenzims®-----                             | 85 |
| ----  |    |

4 A. Resultados de los contrastes ortogonales realizadas en las variables  
estudiadas, al .05 y .01----- 86  
-----

## INDICE DE FIGURAS

| <b>Figura No.</b>  | <b>PAGINA</b> |
|--|---------------|
| 4.1 Medias del rendimiento en trigo en toneladas por hectárea en respuesta a la aplicación de Algaenzims®.-----<br>----- | 54            |
| 4.2 Medias de número de tallos/m <sup>2</sup> en trigo tratado con Algaenzims®, CIQA,1998-----<br>-----                  | 59            |

## INTRODUCCIÓN

El trigo es por su superficie sembrada, el cultivo comercial más extendido en el globo terrestre ( aproximadamente 240 millones de hectáreas ), y aunque potencialmente el maíz rinde más que el trigo, también este último ocupa el primer lugar en producción ( 425 millones de toneladas por año ). Lo anterior se debe a que este cultivo tiene un amplio rango de adaptación y a su gran consumo en la mayoría de los países. Su producción se concentra principalmente en países de clima templado.

Existen alrededor de 30 especies del genero Triticum, sin embargo solo 2 se consideran de importancia económica que son: Triticum aestivum, el cual es el trigo harinero y ocupa casi el 90% de la superficie mundial sembrada; y Triticum durum, conocido como trigo duro que se utiliza en la industria macarronera.

Por su valor nutritivo, el trigo constituye uno de los alimentos básicos de la población de México y el mundo. En México la superficie cultivada con el trigo, en los últimos años ha oscilado en alrededor de 1'079'210 has, con una producción de 4'505'546 toneladas, y un rendimiento de 4.17 ton/ha. Los principales estados productores del país son : Sonora, Sinaloa, Guanajuato, B.C.N., y Michoacán.

En el estado de Coahuila los rendimientos fluctúan en el orden de 2 ton/ha bajo riego y 800 kg/ha en temporal lo que ocasiona una sensible baja en la rentabilidad del

cultivo de este importante cereal, ya que se requieren de 2 a 3 ton/ha de grano para el pago de los costos de producción, aunado a esto que no se cubre la demanda de este cereal.

Con estos bajos rendimientos que se obtienen, el hombre se ve obligado a utilizar productos químicos como los fertilizantes, para satisfacer las deficiencias del el suelo y obtener mejores resultados, pero el uso excesivo de estos con el tiempo causa problemas al suelo habiendo ocasiones, en que los suelos quedan completamente inhabilitados. Es por ello que se están buscando nuevas alternativas para solucionar este problema, una de ellas es el uso de extractos de algas en combinación con los fertilizantes, esta práctica ya se conocía, pero ha sido hasta estos últimos años en que se le ha dado mayor importancia a su uso, esto debido a los excelentes resultados que se han obtenido en varias partes del mundo, además que se ha comprobado que el uso de estos productos tienen una influencia directa sobre propiedades físico-químicas del suelo.

## OBJETIVOS

- Incrementar la asimilación de Nitrógeno en la biomasa del trigo
- Incrementar los rendimientos en trigo
- Estimular el aumento de proteína en el grano y la biomasa
- Determinar el efecto del **Algaenzims®** sobre las características fisico-químicas del suelo

## HIPÓTESIS

Se incrementarán los rendimientos y calidad en trigo, además se mejorarán las características fisico-químicas del suelo en los tratamientos donde se aporten algas.

# **REVISIÓN DE LITERATURA**

## **Características Generales de las Algas.**

Muchas personas creen que las algas, por ser tan pequeñas y confusas son de poca importancia; sin embargo, la realidad es todo lo contrario, dado que la mayoría del material vegetal sobre la tierra lo constituyen las algas, las cuales llevan a cabo una gran parte de la fotosíntesis total. Se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, la mayoría de las algas viven en los lagos, ríos y océanos, y también se les encuentra en abundancia en la capa superficial de los suelos húmedos y aun en los desiertos ( Cronquist, 1977 ).

Las algas varían en tamaño desde células individuales hasta las grandes algas marinas que crecen más de 50 metros. Algunos tipos de algas son muy notorias, pues forman natas verde en los depósitos de agua, contribuyen a formar la capa resbalosa de las piedras que están al margen de los arroyos. Son los primeros organismos en colonizar a las rocas desnudas, ayudando a la formación de un suelo adecuado para el desarrollo de las plantas superiores. Las algas son utilizadas por el hombre de muchas maneras, para la obtención del agar, como alimento para el hombre, se ha aplicado también como fertilizantes en suelos agrícolas (Walther, 1982 y Marshall, 1987) .

## **Clasificación**

Para la elaboración de la clasificación de algas los científicos se basan en las siguientes características :

- a ) Pigmentos : su composición química.
- b ) Productos alimenticios de reserva : su química.
- c ) Flagelos ( si presenta ) : su número y morfología
- d ) Paredes celulares : su química y características físicas.
- e ) Organización celular.
- f ) Historia biológica ( la serie completa de cambios en un organismo ) y reproducción.

## **Reproducción**

Las algas se reproducen sexual y asexualmente. La reproducción sexual en las algas como en las plantas superiores, implica la producción de gametos. El gameto es una célula especializada que genera un individuo nuevo después de haberse fusionado con otro gameto. En las algas hay dos tipos de reproducción sexual : la isogamia y la oogamia. En la isogamia, los gametos son aproximadamente del mismo tamaño y con frecuencia móviles. En la oogamia, los gametos son de tamaño diferente; el femenino grande e inmóvil ; el espermatozoide pequeño y móvil (Cronquist, 1977) .

La reproducción asexual implica la producción de esporas unicelulares, muchas esporas asexuales de las algas acuáticas poseen flagelos y son móviles, las esporas no

móviles llamadas aplanospora, son los tipos terrestres de algas (Pelczar, 1984 y Marshall, 1987) .

Las especies de algas son : monoicas al encontrarse los gametos masculinos y femeninos en el mismo individuo y dioicas al encontrarse los gametos masculinos y femeninos en individuos diferentes, sin embargo, algunas especies están limitadas a uno u otro de estos procesos, pero muchos poseen ciclos complicados de vida que comprenden ambos tipos de reproducción (Pelczar, 1984 y Marshall, 1987) .

### **Composición**

La composición de las algas frescas es aproximadamente :

agua 70 - 80 %

materia orgánica 13 - 25 %

nitrógeno 0.3 - 1.0 %

potasio 0.8 - 1.8 %

fósforo 0.002 - 0.17 %

### **Productos Hechos a Base de Algas Marinas.**

El tratamiento de los cultivos agrícolas con algas ha crecido en popularidad, por lo que se presenta la tendencia a desarrollar un gran número de productos de algas procesadas; los cuales, se dividen en tres grupos: harina que se aplica al suelo en grandes volúmenes o mezclada con el suelo del sustrato en plantas de invernadero; extractos líquidos o en polvo y, concentrados, que se usan para sumergir las raíces; en el suelo, para mejorar la retención de humedad y, como fertilizantes foliares (Booth 1969; Senn 1987; Metting et al. 1988).

La harina de algas aplicada al suelo, tiene dos funciones principales: como fertilizante, promueve el crecimiento de las plantas a través de la liberación gradual de los nutrientes minerales y, como acondicionador del suelo, mejora la aireación y la estabilidad de los agregados. Generalmente, las algas no procesadas, tienen tanto nitrógeno como el estiércol, menos fósforo, pero más potasio, sales y micronutrientes en disposición inmediata (Stephenson 1974; Senn y Kingman 1978).

Para la agricultura y horticultura, la mayoría de los productos provienen de algas pardas, las cuales, se cosechan en aguas templadas, las especies más comúnmente utilizadas son : *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia máxima* y *Fucus vesiculosus*. La *Laminaria* y el *Sargassum*, son comúnmente menos usadas. Aun cuando todas estas algas pertenecen a las *Phaeophyceae*, es probable que su uso se escoja por su tamaño y

disponibilidad del recurso, más que por alguna determinación o cualidad específica (Mooney y Van Staden 1985) .

Los extractos líquidos son elaborados con algunos procesos que incluyen: algas maceradas y agitadas en agua caliente, hidrólisis ácida o alcalina con o sin vapor y, la técnica de estallar por presión; en este último método, el líquido concentrado es producido sin recurrir a compuestos químicos o tratamiento por calor; el material es sujeto a un rápido cambio en presión que rompe los componentes estructurales de la célula, esto, permite la liberación de prácticamente todos los componentes intracelulares, incluyendo los reguladores de crecimiento (Senn 1987) .

La harina y los extractos líquidos son hechos de la misma clase de algas, por lo que tienen ciertas cualidades comunes; por ejemplo: ambos proveen, cuando menos, trazas de muchos elementos minerales. Desde los años sesenta (1960) el uso de concentrados de algas como: fertilizantes foliares, tratamiento de semillas, tratamiento de raíces por inmersión, se ha incrementado mucho más rápidamente que el uso de la harina de algas aplicada al suelo, lo cual se puede atribuir a que es mucho más fácil su transporte y almacenamiento, ya que la eficiencia biológica de sus componentes están más disponibles cuando son aplicados directamente, que cuando son aplicados e incorporados al suelo, como es el caso de la harina de algas (Canales 1997) .

### **Efectos Producidos por las Algas en las Plantas**

Son muchas y diferentes las respuestas de las plantas al tratamiento con algas, que incluyen: altos rendimientos, incremento en la toma de nutrientes, cambios en la composición de sus tejidos, mayor resistencia a las heladas, a las enfermedades fungosas y al ataque de los insectos. Prolonga la vida de anaquel de los frutos y mejora la germinación de las semillas. Se supone que estos numerosos beneficios que aportan las algas, se derivan de propiedades quelantes de ciertos componentes, mejoramiento de la absorción de los elementos mayores y menores por la planta o, por la presencia de sustancias que favorecen el crecimiento de las plantas (Lynn, 1972; Ofermans, 1968; Senn y Kingman 1987; Aitken y Senn, 1965) .

Las algas son ricas en carbohidratos que pueden actuar como agentes quelantes como son: ácidos algínicos, laminaria y manitol y que pasan a estar contenidos en los preparados de algas ahora en el mercado; estos compuestos, representan casi la mitad del total de su contenido en carbohidratos. En las algas, también se incluyen un amplio rango de aminoácidos y vitaminas que pueden ser utilizados también por las plantas (Blunden 1977) .

La mayoría de las plantas responden al tratamiento de preparados de algas y, se cree que se debe principalmente a las citoquininas que es un grupo diferente de las hormonas de las plantas, las cuales, tienen influencia en la división de las células; esto se fundamenta, en que se han detectado actividades parecidas a las de las citoquininas en un número de compuestos comerciales de algas (Bentley y Reid 1968; Hussain y Boney 1969; Jennings 1969; Augier 1974a, b; Augier y Harada 1972, 1973; Van Staden y Breen 1973; Mooney y van Staden 1986).

Brain *et al.* (1973), fueron los primeros en detectar la actividad de las citoquininas en los concentrados disponibles de algas. Las sustancias parecidas a las citoquininas fueron detectadas *in vitro* por medio del cultivo *explante* en un medio de extracto de algas libre de citoquininas, demostrándose una cercana correlación en el campo, comparando el uso de quininas a extractos de algas.

Blunden y Wildgoose (1977), mostraron que las citoquininas fueron las responsables de algunos resultados benéficos en pruebas comerciales. La presencia de resultados parecidos a las citoquininas en preparados comerciales de algas, ha sido repetidamente confirmado desde entonces por medio de bioensayos e instrumentación analítica.

Las primeras respuestas fisiológicas pueden ser importantes en el mejoramiento del crecimiento de las plantas por sus efectos en la síntesis de las proteínas y la división de las células, así como: en la lisis y movilización de los nutrientes, en la retracción de

la senescencia y a la inhibición de infecciones de hongos. Muchas respuestas observadas en el uso de extractos de algas pueden ser explicados en términos de actividades parecidas a las de las citoquininas. La aplicación de algas a las plantas, también ha demostrado el incremento del contenido de clorofila, biomasa fresca, y de su área foliar (Featonby y Van Staden 1983a) .

Uno de los efectos más pronunciados de la aplicación de extractos de algas a las plantas, es el desarrollo de un vigoroso sistema radicular que, a menudo, da altos rendimientos en la cosecha (Blunden y Wildgoose 1977, Featonby y van Staden 1983a, 1984b) .

La respuesta de las plantas al tratamiento con preparados de algas varía considerablemente, conforme al método, tiempo, frecuencia y modo de aplicación, de allí que es obvio que estos factores deben tomarse en consideración cuando se haga uso de estos productos. Los productos de algas en la horticultura, rápidamente se están haciendo de uso común, por los resultados que los agricultores observan en la práctica; sin embargo, científicamente, siempre habrá inquietudes y, por lo tanto, se siente que falta mucho por hacer y, será al paso y a medida en que se tenga más información sobre: su composición, actividad biológica, naturaleza de sus nutrientes y disponibilidad de sus formulaciones, así como la estandarización de la cosecha de las algas y método de proceso, que permita estandarizar el contenido de los reguladores de crecimiento en cada lote producido, harán que los productos de algas, tengan desde, luego, uso en la agricultura a mayor escala que ahora (Canales 1997) .

## **Las Algas y la Materia Orgánica**

Por siglos, en las regiones costeras de algunos países, las algas de mar han sido aportadas al suelo como materia orgánica (China, Japón, Noruega, La Bretania Francesa, para mencionar algunos) .

Aquí, se tratará de explicar sobre la probable generación indirecta de materia orgánica al aportar extractos de algas al suelo, debido a los efectos que en él causan como son :

- Producción de poros (aireación) .
- Liberación de iones (nutrientes) .
- Mejora la textura .
- Mejora la estructura .
- Menos sales tóxicas .
- Un pH más conveniente .
- Más agua útil .
- Desintoxicación .

- Desquimicalización .

Condiciones todas, que si bien, hacen que las plantas se desarrollen más vigorosas, que a su vez dejan más residuos orgánicos y a más profundidad en el suelo, son también condiciones que propician la propagación y desarrollo de microorganismos y posteriormente de lombrices, más otros pequeños seres que producen biomasa y enriquecen el suelo con materia orgánica. Con el tiempo, todo esto contribuye al mejoramiento de los suelos pobres de origen o deteriorados por la acción del hombre.

Las reacciones enzimáticas pues, propician la generación de materia orgánica. La presencia de la materia orgánica prolonga el tiempo de presencia de las enzimas y por lo tanto, el de las reacciones enzimáticas. Ciclo, que con buen manejo año tras año, mejora la situación. La adición de materia orgánica al suelo, acelera este proceso .

### **Extracto de Algas en la Aplicación Foliar**

En la observación de la composición de las algas, es de notarse que no solamente contiene los elementos mayores y los elementos menores más usuales en las formulaciones de fertilizantes foliares artificiales, sino otros muchos elementos más que, como es sabido, cualquiera de ellos, aun en mínima parte, de acuerdo con la ley del mínimo, puede dar una respuesta significativa en el rendimiento de las cosechas.

Además, el complejo de ácidos que contienen, llamados genéricamente ácido algínico, actúan sobre los compuestos que por alguna razón (sobresaturación, probablemente) se precipitan dentro de la planta, los disuelva para que completen su metabolismo.

Las mismas reacciones de hidrólisis, se podrían dar por la acción catalítica de las enzimas del extracto de algas aplicado foliarmente, que al actuar sobre los compuestos insolubles precipitados dentro de la planta a que se refiere el párrafo anterior, solubilice aquellos iones que en forma de bases de ácidos o de hidróxidos son solubles, propiciando así su metabolismo.

Al respecto, se puede considerar la posibilidad de que una reacción de hidrólisis enzimática provocada por las enzimas de los extractos de las algas aplicadas foliarmente, solubilice el oxalato de calcio transformándolo en oxalato ácido de calcio ( base ácida ) y/o hidróxido de calcio en gran parte solubles y hagan disponible el ion calcio.

Un grupo de enzimas, es el encargado de la transferencia de electrones de un donador a un receptor, lo que entre otras cosas, es decisivamente importante para la respiración de las células. Bajo ciertas condiciones y dosis, es muy probable que tanto en las hojas como en las semillas, se acelere el ritmo respiratorio, incrementando así el proceso metabólico en las hojas para la síntesis de los compuestos vitales de la planta y,

en las semillas, para mejorar el proceso de germinación, suma de efectos que dan precocidad.

El manitol, azúcar simple que contienen las algas, es un agente quelante que también solubiliza los compuestos insolubles que puedan encontrarse dentro de la planta.

Las sustancias semejantes a las citoquininas, giberelinas y auxinas entre otras que contienen las algas, actúan como reguladores de crecimiento mejorando el vigor de la planta.

Por todo lo expuesto, el contenido de las algas, es una composición formulada por la naturaleza, mejor que cualquiera hecha por el hombre, tanto en su formulación como en la relación equilibrada que entre cada uno de sus elementos y compuestos tiene.

Buscando los efectos benéficos que los fertilizantes foliares naturales como el extracto de algas producen en las plantas, el hombre se ha dado a formular artificialmente fertilizantes foliares mezclando: algunos elementos mayores, algunos elementos menores, algunos reguladores de crecimiento y ácidos orgánicos, el más usual es el ácido húmico, que desde luego, dan buenos resultados, pero sencillamente es difícil igualar a los que formula la naturaleza, en formulación y mejores resultados.

En el extracto de algas ; por ejemplo, los compuestos de los cuales forman parte los iones anotados en el análisis, todos son muy solubles y, en algunos de ellos es muy

probable que su metabolismo esté terminado y entren directamente al flujo vital de la planta con ellos tratada. La aplicación de extractos de algas al suelo y foliares, se complementan. Una sabia combinación de extractos de algas, materia orgánica y fertilizantes, optimizan su acción. Ya sea que, en su caso, se apliquen al suelo o a las hojas.

Para lograr la respuesta óptima, la aplicación foliar debe darse cuando hay humedad en el exterior de las hojas ( rocío por ejemplo ) en los periodos durante los cuales la planta sufre estrés fisiológico: uno de ellos, se presenta al cambiar de su estado vegetativo a su estado reproductivo; o sea cuando la flor está en botón y a la caída de los pétalos; otro estrés importante es el de su crecimiento; aquí las raíces tienen que aportar lo suficiente para que la planta y el fruto crezcan. Aplicaciones foliares en estos periodos, no solo ayudan al desarrollo de las plantas y del fruto, sino, que también, estimulan el crecimiento de la raíz posibilitando una mejor extracción de nutrientes del suelo; para esto, es indispensable mantener buena humedad en el suelo y practicar apropiadas labores culturales. Probablemente aplicaciones foliares durante una sequía prolongada o por imposibilidad de dar riegos oportunos, se preste un auxilio importante con aplicaciones foliares ( Canales, 1997 ) .

### **Análisis Foliares**

Los análisis foliares se muestran como una técnica bastante seductora: se comprende, efectivamente, que la composición mineral de las hojas deba reflejar e

integrar las condiciones generales de nutrición de las plantas, permitiendo así establecer un diagnóstico foliar. La técnica ha sido estudiada en el transcurso de los últimos años con mucho detalle, logrando constantes progresos, hasta entrar en el cuadro de las aplicaciones prácticas generalizadas en algunas regiones.

Todos los elementos nutritivos absorbidos por las plantas estaban en el suelo en forma asimilable. Puede considerarse que la planta es la que toma una muestra de suelo, integrando todos los factores que afectan el sistema suelo planta (Junta de Extremadura, 1992).

### **Experimentos realizados en Trigo con Extractos de Algas**

Nelson y Van Staden ( 1984b, 1986 ), demostraron que la aplicación de extractos de algas al trigo, incrementó significativamente el diámetro de la caña, el número total de espiguillas por espiga y el rendimiento en grano por espiga y por planta. El incremento del diámetro de la caña fue debido a que se dio un aumento en el tamaño de las células, principalmente de las que se encuentran entre los haces de los vasos vasculares. Efectos similares han sido producidos por sustancias que afectan el balance endógeno giberelina/etileno ( Bruinsman, 1982 ).

Nelson y Van Staden ( 1985 ), trataron foliarmente trigo con extracto de algas Kelp 66 y reportaron : 1.91 % de nitrógeno en el grano de trigo del testigo y 3.16 % máximo en el tratado; o sea : 64 % de incremento.

Acosta (1990). Reporta que en parcelas destinadas a estudios genéticos, con aplicaciones al suelo de extracto de algas **ALGAENZIMS**, se incrementó un 20 % de nitrógeno en el grano de trigo (12 a 14.5 %) y 50% en el grano de cebada (12 % a 18 %). Cuando genéticamente se logra un incremento de nitrógeno del 0.6%, es significativo.

Piña (1993). Cita que en un experimento (1991) con trigo variedad AN 112 establecido en un suelo muy pobre con alto contenido de carbonatos, se aplicaron diferentes dosis de fertilizantes al suelo, inclusive al testigo. Al año siguiente (1992), se sembró en las mismas parcelas, aplicando diferentes dosis de **ALGAENZIMS** únicamente foliar. Resultados : 1991.- Incremento del rendimiento 118 % sobre el testigo (3500 y 1600 kg/ha). En 1992, se incrementó 84 % sobre el testigo (3500 y 1900 kg/ha). Los bajos rendimientos son debidos, a la baja calidad del suelo y la misma potencialidad de la variedad. En 1993, la compactación disminuyó en más tratamientos que en 1991 y, a mayor dosis, fue menor la compactación. El pH del suelo, en 1992 bajó de 7.9 a 7.2, en 1991 no hubo cambio. Se observa que la acción del concentrado de algas aplicado al suelo en 1991, persistió en 1992.

Herrera (1995), cita que el efecto de **ALGAENZIMS** en el desarrollo del trigo, variedad AN Tongo 91, en la comarca lagunera. Con Fertilización 270-110-00, aplicada

a la siembra, 120-90-00 y, 150-20-00 un mes después. EL mejor rendimiento se obtuvo al aplicar además, un lto/ha de **ALGAENZIMS**, extracto de algas, al suelo, aplicado a la siembra, rendimiento 5916 kg/ha de grano, contra 4066 kg/ha de grano del testigo, promedio de 5 repeticiones, incremento : 1850 kg equivalente a : 45.5%.

### **Experimentos Hechos con Extractos de Algas en la Agricultura**

Blunden (1973), cita los siguientes experimentos llevados a cabo en la Florida, U.S.A. y sus resultados sobresalientes :

**TOMATE** : Se estableció en camas cubiertas con plástico negro. El extracto de algas se aplicó al suelo en la cama y dos veces foliar. El incremento en cosecha fue del 20 %.

**PIMIENTO** : Se hizo una aplicación de extracto de algas cuando la primera floración. El incremento en la cosecha fue del 26.6 %. Los chiles del área tratada tuvieron mas vida de anaquel que los del testigo.

**PAPA** : Cuando las plantas estaban en floración. El incremento en la cosecha fue del 36 % y dio mas papas de primera.

**MAÍZ ELOTERO**: A los 45 días de sembrado ( 7.5 a 13 cm. de altura de las plantas ), se aplicó foliarmente y algo cayó al suelo, la segunda aplicación se hizo 20

días después. El incremento de cosecha fue de 56 %, las plantas tratadas, a la primera aplicación, se vieron 25 % más altas, las hojas más anchas y más verdes.

**NARANJOS** de 16 á 25 años de edad. La aplicación de extracto de algas se hizo por medio del riego por aspersión por arriba de las plantas en marzo o abril de 1966, 67, 68, 69; 70 y 71 y los incrementos fueron en por ciento de 4.9, 5.5, 8.5, 5.9, 12.9, 12.1 y 12.4 respectivamente. Las naranjas de las plantas tratadas tuvieron mejor vida de anaquel que las del testigo.

**PLÁTANO** : El experimento se llevó al cabo en Jamaica. La primera aplicación de extracto de algas se hizo cuando las plantas tenían 6 meses de edad; la segunda aplicación 6 meses después. El incremento en la cosecha fue del 22 % y fructificó más temprano.

Senn ( 1987 ), por su parte cita los siguientes experimentos y resultados:

**ROSAS** : Experimentos llevados al cabo en el medio Oeste, U.S.A. aplicando foliarmente extracto de algas, incrementó el 32 % la longitud del tallo.

**MANZANOS** : Efecto de algas marinas aplicadas a manzanos : Incrementó el rendimiento en 11.5 % y disminuyó la alternancia, promovió el crecimiento de los retoños y ramas laterales, incremento el número de yemas florales, y el amarre de flores a fruta, prolongo el tiempo de vida de anaquel, redujo a muy bajos niveles la población

de insectos y de araña roja, de nematodos y de hongos e impartió resistencia a las heladas.

**ALGODÓN** : El departamento de agricultura de Israel, reporta, un rendimiento de 29 % mas, T. L. Kobia de Ain Shama University, reporta, que la aplicación foliar de extracto de algas incrementó la cosecha en 43 %.

Smith y Van Staden (1984), citan los siguientes resultados:

**FRIJOL**: Los incrementos de cosecha en frijol al aplicar concentrados de algas marinas, fueron los siguientes : aplicación foliar 33 %, al suelo mas fertilizante 42%, ambos tratamientos sumados 57 %.

Povolony ( 1969 ), cita que las plantas tratadas foliarmente con extracto de algas cada semana durante la fructificación, incrementó la cosecha 41.8 % y la vida de anaquel se prolongó de 14 a 21 días.

Cook (1983) citado por Senn (1987), reporta incremento en el porcentaje de germinación y desarrollo de la radícula en semilla de cebolla.

Featonby - Smith, (1982) citado por Senn (1987), reporta en cebolla ; incremento en el crecimiento de la raíz , tanto con tratamiento foliar como al suelo.

Young (1977) citado por Senn (1987), menciona incrementos en el crecimiento de: trigo, girasol, frijol, maíz, chícharo y zacate, con tratamientos al suelo como foliar.

Senn. ( 1987 ), experimentos realizados en Inglaterra, Australia, Francia, reportan mas amarre de fruta en: ciruelo, cereza, durazno e incrementó de la cosecha de uvas con racimos mas abiertos y granos mas grandes.

Biddington, y Thomas, (1976), Khalefa (1975), Booth (1966). Reportan reducciones de Botritis en fresas, mildew en melones, “damping off” en tomates.

Booth (1963), Senn (1963). Extracto de algas aplicado a tomates y cítricos, dio resistencia a las heladas.

German (1967). Mas producción de yemas florales, mas amarre de fruta y mas cosecha en manzanos.

Driggers y Maruchi (1964), Austin (1965). Reportan la reducción en la población de insectos y ácaros.

Cook (1983), Tarjan (1973). Reportan menor ataque de nemátodos.

Bluden y Wildgoose (1976). Aplicando foliarmente, se incrementó significativamente la cosecha de papas.

Senn y Kingman (1977). Encontraron que los extractos de algas tienen efectos similares en las plantas a las respuestas de los Reguladores de Crecimiento.

Senn y Skelton (1968). Se incrementó el tiempo en la vida de anque de ciertas frutas.

Povlony (1969). La cosecha de pepinos, se incrementó en un 48% y la vida de anaquel en 21 días.

Offerman (1968). Se incrementó la disponibilidad de fierro en el suelo.

Mowat, (1964). Auxinas y Giberelinas en las algas marinas.

Booth (1965). Los extractos de algas marinas dan resistencia a plantas a las heladas y al ataque de los insectos.

Abetz y Young (1983). En Australia, concluyeron que la aplicación de extractos de algas tiene varios efectos benéficos en los rendimientos ; por ejemplo, en la lechuga y coliflor hubo pocas fallas, se incrementó el tamaño y el rendimiento.

Austin (1965). En los manzanos, disminuyó a muy bajos niveles la población de ácaros.

### **Fuente de Nitrógeno**

Ninguno de los nutrientes principales de las plantas iguala o no llega a superar la importancia que tiene el nitrógeno en su comportamiento fisiológico. De forma semejante al carbono, procedente principalmente del aire, el nitrógeno es un componente del cuerpo vegetal. El carbono sirve para construir el esqueleto glucídico y se presenta en casi todos los constituyentes de la planta. El nitrógeno es necesario, en primer lugar

como constituyente del cuerpo proteínico, de la estructura proteínica así como de la clorofila (Werner, 1968) .

El nitrógeno es un gas que se encuentra en abundancia en la atmósfera de la cual constituye 4/5 partes, ya sea en estado libre o formando el compuesto llamado amonio, que es también un gas; se encuentra en la materia orgánica animal o vegetal, formando los compuestos llamados proteínas; y en el suelo bajo la forma de compuestos minerales llamados nitratos. El nitrógeno se encuentra en muchos compuestos inorgánicos, en compuestos manufacturados, en las materias vegetales y en las materias animales ( Díaz, 1964 ) .

El nitrógeno forma parte de las proteínas y está presente en las funciones metabólicas y la síntesis de la clorofila. De ahí su importancia en el crecimiento y en rendimiento. El nitrógeno se encuentra en el suelo de dos formas asimilables por las plantas: Nitrógeno nítrico y nitrógeno amoniacal. La absorción del nitrógeno nítrico es más benéfica a la planta y conduce a rendimientos altos.

Una alta concentración de amoniaco en las plantas puede ser tóxica por el aumento en el pH del tejido celular (Albasel y Kafkafi, 1977) .

El nitrógeno amoniacal tiene carga positiva y por esta razón es retenido con bastante fuerza por las superficies coloidales del suelo, que están cargadas negativamente. Tanto el amoniaco anhidro como la urea, forman con rapidez iones de amonio al reaccionar en el suelo y son retenidos in situ. Sin embargo, todas las fuentes

de nitrógeno tarde o temprano, en condiciones favorables de temperatura, humedad y aireación, cambian a formas de nitrógeno nítrico, que son fácilmente móviles en el agua. En consecuencia las pérdidas por percolación de nitrógeno en la zona de las raíces del cultivo, es una posibilidad que siempre está presente, en particular en suelos de textura ligera o durante la temporada de lluvia, que permite la percolación del agua por el perfil del suelo. En general el problema principal del nitrógeno, estriba en que se encuentra presente en la zona de las raíces cuando las demandas del cultivo no son tan elevadas (CECSA, 1983) .

La participación de la nitrato-reductasa en el metabolismo del nitrógeno, se considera que la relación limitante de la tasa en la síntesis final de la proteína. Actualmente se está analizando e identificando variedades con respecto a la actividad de esta enzima. Se ha encontrado que todas las líneas de alta proteína identificadas hasta ahora, tienen una alta actividad de nitrato-reductasa. Los niveles de proteasa de la hoja, también se consideran como importantes y se están estudiando para identificar variedades capaces de translocar mayor cantidad de nitrógeno amino al grano, para la síntesis de proteína (CIMMYT, 1977) .

El nitrógeno entra en la composición de las nucleoproteínas de los núcleos de las células, por lo que se encuentra abundantemente en los tejidos jóvenes. Es, por tanto, el factor determinante del crecimiento de los órganos vegetativos siendo éstos los que se ven afectados en su composición por la aportación de nitrógeno (Prats y Clement, 1965) .

El nitrógeno es necesario para mantener un follaje verde. Este es indispensable para que se realice la función fotosintética. En el trigo, la cantidad de nitrógeno disponible influye en la cantidad de proteínas contenidas en el grano. El trigo requiere una mayor cantidad de nitrógeno durante el periodo de encañe (Manual para educación agropecuaria, 1994) .

Según estudios, el contenido proteico del grano de maíz puede elevarse mediante la aplicación de fertilizante nitrogenado. Cuanto más bajo sea el punto de partida mayores serán las posibilidades de cambio. Ensayos realizados en varios Estados indican que si el rendimiento inicial es de 4.6 a 6.3 ton/ha y el rendimiento final se alcanza con fertilizante nitrogenado de 6.3 a 7.9 ton/ha, los primeros 112 kg de nitrógeno probablemente aumentarían la proteína un 1%. Los 112 kg siguientes la incrementarían otro 0.5 %.

En los experimentos se llegó, sin nitrógeno, a un promedio de 8.5 por ciento de proteína, pero aumentó hasta 10 % con la aplicación de 168 a 224 kg de nitrógeno (Aldrich, 1974) .

Por ser leguminosa, el cacahuete obtiene una cierta cantidad de nitrógeno de la atmósfera, por medio del *Rhizobium*. La inoculación de los granos es, pues, indispensable, en los suelos que no contienen la bacteria específica. El sistema del desarrollo radicular y de las nudosidades no se torna sensible hasta después de un período de tres semanas como mínimo, y sólo a partir de este momento la planta

empieza a estar capacitada para utilizar una cierta cantidad de nitrógeno procedente del exterior.

Las plantas sin nudosidades presentan contenidos muy bajos de nitrógeno y poseen un follaje muy pálido a consecuencia de la lentitud en la formación de la clorofila. El nitrógeno es esencial para el cacahuete, que lo contiene en cantidades muy importantes, tanto en el follaje como en los granos (proteínas) (Giller y Silvestre, 1970).

### **El nitrógeno del Suelo y su Absorción por las Plantas**

La planta necesita nitrógeno en cantidades muy altas, ya que cerca del 20 % del peso de la proteína está dado por este elemento, y está, como se sabe, es el compuesto esencial del coloide protoplasmático.

El aire tiene más de un 75 % de nitrógeno, siendo, pues, una cantidad prácticamente ilimitada, pero las plantas superiores no tienen moléculasceptoras de nitrógeno, lo que limita mucho su disponibilidad, sobre todo por que no hay rocas nitrogenadas sino que el origen de este elemento es la materia viva que se desintegra en el suelo, excepto por una pequeña fracción fijado en las tormentas eléctricas.

La cantidad de nitrógeno en el suelo varía de 0.02 a 0.4 % del peso total; si se calcula que una ha de suelo a 30 cm de profundidad pesa 3000 ton, el peso del N sería

600 a 1200 kg, y suponiendo que las necesidades de la población vegetal sean de 100 kg/ha se agotaría en 6 a 12 años. El origen del nitrógeno es, como se dijo, la materia orgánica, y, por tanto, el nitrógeno queda en el suelo en forma amínica como parte de la molécula proteica; a partir de esta forma sufre cambios químicos hasta llegar a transformarse en  $\text{NO}_3^-$ . Esta serie de transformaciones recibe el nombre de nitrificación y es importantísima para las relaciones entre la planta y el nitrógeno del suelo.

El primer paso en la nitrificación es la desintegración de la molécula proteica a polipéptidos y luego a aminoácidos. Estos sufren el proceso llamado humificación, transformándose en tres pasos: **a)** descomposición química a formas más simples, **b)** descomposición mecánica y mezcla con el suelo (lombrices), **c)** descomposición microbiana a formas húmicas. Los componentes húmicos llevan un núcleo básico que puede ser benceno, naftaleno, antraceno, pirrol, indol, piridina, etc., y un radical activo que es  $\text{COOH}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CH}_3^-$ , etc. Estos compuestos forman agregados que tienen gran importancia en el intercambio de bases, proceso que gobierna la nutrición mineral, en la capacidad de retención de agua y sales por el suelo y en la regulación del pH edáfico (Rojas, 1978).

### **Contenido de Proteínas en Trigo**

Hanson y Borlaug (1982), indican que el contenido de proteínas está influenciado por la variedad del trigo, así como por las condiciones ambientales y de manejo (tales como temperatura, humedad, métodos del cultivo, tipos de suelo y disponibilidad de nitrógeno).

El porcentaje de proteína del trigo puede ser manipulado hasta ciertos límites por la cantidad de fertilizante aplicado y el tiempo de la aplicación. La aplicación de nitrógeno al suelo en las primeras fases del cultivo (antes de la floración) resultará generalmente en un rendimiento más alto de grano y la aplicación de nitrógeno al momento de la floración o un poco más tarde producirá generalmente más proteína en el grano, pero tendrá un efecto menor sobre el rendimiento.

Puente et al. (1964), en un experimento en la comarca lagunera, mencionan que al demorar la aplicación de nitrógeno hasta antes del tercer riego (73 días después de la siembra), se obtuvieron los máximos resultados en cuanto al contenido de proteínas.

Daniel (1969), trabajando con cebada, relaciono el incremento de la cantidad de proteína mitocondrial de plántulas producidas de semillas más pesadas, es indicativo de un nivel respiratorio más elevado y una producción mayor de energía en forma de ATP.

### **Determinación de Nitrógeno y Proteína Cruda.**

En los cereales, la importancia de la determinación del nitrógeno, que puede hacerse con gran exactitud, radica en que las cifras que se obtienen pueden transformarse en proteína cruda multiplicándola por determinados factores. Así, para determinar la proteína de la harina y del trigo se suele utilizar el factor 5.7, pero cuando se trata de otros alimentos el factor es 6.25. Como es natural, estos factores se deducen

del porcentaje de nitrógeno que contiene la proteína, pero la cuestión se complica dado que los cereales contienen mezclas de distintas proteínas. Por este motivo, Breese Jones (1926) consideró que el factor 5.7, que se acepta normalmente para la harina y el trigo no es correcto, por que sólo tiene en cuenta el contenido de nitrógeno de las dos principales proteínas de la harina, la gliadina y la glutenina. No obstante, si se incluyen las otras proteínas, es posible que para el endospermo el factor correcto sea 5.8 y para el salvado o cubiertas externas, 6.31. Estas cifras podrían hacer que el factor para el trigo entero ascendiese a 5.83 en vez 5.7 como se acepta normalmente.

La determinación del nitrógeno se practica en dos fases: primero se digiere el cereal con ácido sulfúrico concentrado y otros productos que convierten el nitrógeno en sulfato amónico, y después se determina el amoníaco formado destilándolo sobre un ácido normalizado (Quena y Amos, 1956) .

### **Efectos que Causan las Algas en el Suelo.**

El suelo está compuesto de minerales, aire, agua, materia orgánica y organismos vivos en una mezcla dinámica .

Ecológicamente el suelo está compuesto de una porción dominada por raíces y otra dominada por minerales. Las microalgas habitan la parte especial mineral caracterizada por que recibe la luz del sol. Células individuales y microcolonias de algas son encontradas en discretos microhábitat, cuyas calidades cambian constantemente como la suma total instantánea de muchos factores a saber: potencial

del agua, temperatura, irradiación, sustratos carbonáceos y factores de crecimiento, fuerza iónica y composición de la solución del suelo, pH y potencial Redox, los gases del suelo, composición mineral, capacidad de intercambio catiónico, y distribución de la granulometría, área de la superficie y propiedades de agregación de las partículas : todas, interactúan con otros organismos para influenciar en el metabolismo y dinámica de población de las algas en el suelo (Metting , 1985) .

Reyes (1990, 1993), cita que al tratar un suelo de 55% de arcilla con el preparado de algas ALGAENZIMS, encontró que la porosidad aumentó del 10 % al 50 %, siendo los poros en forma de canales con microestructura en bloques subangulares tal como lo revela la microfotografía de ese estudio. Se sugiere que los poros en forma de canales aparecen cuando por la actuación del preparado de algas, los coloides se coagulan o se aglomeran apretándose unos con otros moviéndose hacia polos diferentes ocupando menos espacio al juntarse los coloides, dejando huecos entre ellos: forman microgranos mas grandes por lo que el análisis da menos arcilla (- 10%) y más arena y/o limo (+10 %) en los nueve meses que duró el experimento presentando un cambio de estructura según lo establecido. Además de esto se incremento la conductividad eléctrica.

El incremento de la conductividad eléctrica se debe a que hay mas iones en la solución del suelo los cuales provienen de las arcillas al disminuir en cantidad en favor del hidróxido de silicio y del hidróxido de aluminio que por no tener cargas eléctricas, no atrapan iones; así, las arcillas en su conjunto, pierden cargas eléctricas desbloqueando iones que van a dar a la solución del suelo.

En suelos de pH alcalino, las reacciones enzimáticas ayudan a solubilizar los compuestos insolubles, lo cual, incrementa también la conductividad eléctrica.

### **Descripción del Producto ALGAENZIMS®.**

“El producto ALGAENZIMS es una mezcla de algas que puede aplicarse tanto al suelo como al follaje, ya que como su función es catalizadora, ayuda a las reacciones tanto del suelo como de la planta”.

En el suelo este producto estimula la aglomeración de coloides, ataca los carbonatos y compuestos insolubles y libera iones (nutrientes). Cuando las enzimas hidrolizan los carbonatos del suelo, producen hidróxido y gas carbónico los cuales generan una serie de poros en el suelo que permiten mayor aereación del mismo, una mejor infiltración del agua y una mayor friabilidad de los terrones. Otro resultado que se obtiene con el producto son la disminución de las enfermedades de las raíces, la reducción de las deficiencias nutricionales y el mejor aprovechamiento de los fertilizantes (EL SURCO, 1993) .

Avances recientes se han realizado con respecto a la composición química de las algas (cuadros 2.1, 2.2 y 2.3 ).

## ANALISIS DE ALGAS

**Cuadro 2.1.- Componentes y carbohidratos que contienen las algas.**

| Componentes | Carbohidratos |         |      |
|-------------|---------------|---------|------|
| Proteínas   | 5.7%          | Manitol | 4.2% |

|                                |       |                           |       |
|--------------------------------|-------|---------------------------|-------|
| Grasas                         | 2.6%  | Ácido algínico            | 26.7% |
| Fibra (celulosa)               | 7.0%  | Metilpentosanos           | 7.0%  |
| Extracto de materia libre de N | 58.0% | Laminaria                 | 9.3%  |
| Humedad                        | 10.4% | Azúcares no identificados | 14.4% |

**Cuadro 2.2.- Elementos que contienen las algas.**

| ELEMENTOS    |              |              |           |
|--------------|--------------|--------------|-----------|
| Ag=Plata     | .000004      | N=Nitrógeno  | .062400   |
| Al=Aluminio  | .193000      | Na=Sodio     | 4.180000  |
| Au=Oro       | .000006      | Ni=Níquel    | .003500   |
| B=Boro       | .019400      | O=Oxígeno    | No decla. |
| B=Bario      | .001276      | Os=Osmio     | Trazas    |
| C=Carbono    | No declarado | P=Fósforo    | .211000   |
| Ca=Calcio    | 1.904000     | Pb=Plomo     | .000014   |
| Co=Cobalto   | .001227      | S=Azufre     | 1.564200  |
| Cu=Cobre     | .000635      | Sb=Antimonio | .000142   |
| F=Flúor      | .032650      | Si=Sílice    | .164200   |
| Fe=Fierro    | .089560      | Sn=Estaño    | .000006   |
| Ge=Germanio  | .000005      | Sr=Estroncio | .074876   |
| H=Hidrógeno  | No declarado | Te=Telurio   | Trazas    |
| Hg=Mercurio  | .000190      | Ti=Titanio   | .000012   |
| I=Iodo       | .062400      | Tl=Talio     | .000293   |
| K=Potasio    | 1.280000     | V=Vanadio    | .000531   |
| La=Latano    | .000019      | W=Tungsteno  | .000033   |
| Li=Litio     | .000007      | Zn=Zinc      | .003516   |
| Mg=Magnesio  | .213000      | Zr=Zirconio  | .000001   |
| Mn=Manganeso | .123500      | Se=Selenio   | .000043   |
| Mo=Molibdeno | .001592      | U=Uranio     | .000004   |

**Cuadro 2.3.- Otros elementos presentes en las algas.**

| OTROS ELEMENTOS PRESENTES |            |             |
|---------------------------|------------|-------------|
| Bi=Bismuto                | Ga=Galio   | Th=Torio    |
| Be=Berilio                | Id=Indio   | Ra=Radio    |
| Cb=Nibio                  | Ir=Iridio  | Br=Bromidio |
| Cd=Cadmio                 | Pd=Paladio | Ce=Cerio    |
| Cr=Cromo                  | Pl=Platino | Rh=Rodio    |
| Cs=Cesio                  |            |             |



# MATERIALES Y MÉTODOS

## Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo experimental se realizó durante el ciclo Invierno-Primavera en los terrenos del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), ubicado al noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila; con coordenadas geográficas de 25° 27' de latitud Norte, 101° 02' de longitud oeste y una altitud de 1610 msnm.

## Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Koeppen y modificada por García (1973), el clima de Saltillo corresponde a un seco estepario, con fórmula climática **Bsok (x') (e')** donde:

**Bso**= es el más seco de los Bs., **k** = templado con verano cálido, temperatura anual de 12 y 18°C y la del más caluroso de 18°C., **(x')** = régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno **(e')** = extremoso con oscilaciones entre 7 y 14°C.

En general la temperatura y precipitación pluvial media anual son de 18°C y 365 mm respectivamente. Los meses más lluviosos son de julio a septiembre, concentrándose la mayor parte en el mes de julio.

La evaporación promedio mensual es de 178 mm, donde las más altas son en los meses de Mayo y Junio con 236 y 234 mm respectivamente (Callejas, 1988).

### **Suelo**

El origen del suelo del sitio experimental es aluvial y con una textura arcillo-limosa, medianamente ricos en materia orgánica (Munguía, 1985) , y corresponde a un solonchak de acuerdo a la clasificación FAO-UNESCO.

### **Agua de Riego**

El agua de riego se puede clasificar como “aceptable” para uso agrícola dado que en el tiempo en que se ha aplicado en los suelos y cultivos dentro del CIQA no se han detectado problemas de contaminación asociados con su uso. En base a trabajos realizados anteriormente su conductividad eléctrica está por debajo del nivel crítico (2180<3000 milimohos), y se considera un agua C2S1.

## **Material Vegetativo**

Para el presente trabajo experimental el material vegetativo utilizado fue semilla de trigo variedad Galvez proporcionada por la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

## **Diseño Experimental**

El presente trabajo se estableció bajo el diseño experimental de bloques al azar, con siete tratamientos a evaluar y cuatro repeticiones, dando un total de 28 unidades experimentales.

### **Modelo estadístico**

$$Y_{ij} = M + B_i + T_J + E_{ij}$$

Donde:

*Y<sub>ij</sub>* = Observación del J-ésimo experimento en la i-esima repetición.

*M* = Efecto de la media general.

*B<sub>i</sub>* = Efecto del i-ésimo bloque o repetición.

*T<sub>J</sub>* = Efecto del J-ésimo tratamiento.

*E<sub>ij</sub>* = Error experimental.

**Cuadro 3.1.- Descripción de los tratamientos utilizados**

| <b>Tratamientos</b> | <b>Descripción</b>   |
|---------------------|--|
| Testigo             | Testigo, fertilización (F) 100% del paquete usual en la región         |
| AF                  | 1 lto. foliar de Algaenzims + 75% de F en base a costo                 |
| AS                  | 1 lto al suelo de Algaenzims + 75% de F en base a costo                |
| ASF                 | AF + AS + 75% de F en base a costo                                     |
| PCOL                | Tratamiento a la semilla con Polvo coloidal + 75% de F en base a costo |
| 100kBA              | 100 kg/ha de bagazo de algas molido + 75% de F en base a costo         |
| 500kBA              | 500 kg/ha de bagazo de algas molido + 75% de F en base a costo         |

En el tratamiento PCOL, la cantidad de polvo coloidal de algas que logro adherirse a la semilla por repetición fue de 2.045 g / 423 g de semilla de trigo, que equivale a aplicar 488 g/100 kg de semilla. La superficie donde se estableció el experimento fue de 43 m de largo por 28 m de ancho, resultando una superficie total de 1,204 m<sup>2</sup> ( 840 m<sup>2</sup> de parcela útil), cada parcela fue de 30 m<sup>2</sup> (5 x 6 m)

En el cuadro 3.2., se presentan los contrastes ortogonales realizados en las variables donde no hubo diferencia significativa.

**Cuadro 3.2.- Contrastes ortogonales.**

|             |  |
|-------------|--|
| Contraste 1 | "Sin algas" vs "Algas"                   |
| Contraste 2 | "Tratamiento a la Semilla" vs "Resto"    |
| Contraste 3 | "Foliar" vs "suelo y Foliar suelo"       |
| Contraste 4 | "Suelo" vs "Suelo foliar y Bagazo"       |
| Contraste 5 | "Suelo Foliar" vs "Bagazo"               |
| Contraste 6 | "100 kg de Bagazo" vs "500 kg de Bagazo" |

## **Establecimiento del Experimento**

### **Preparación del Terreno**

Al suelo primeramente se le dio un barbecho profundo posteriormente se le dieron dos pasos de rastra y finalmente se niveló.

### **Trazo de las Parcelas**

El trazo se realizó con rafia y el auxilio de estacas de madera, el levantamiento de las parcelas se realizó de manera manual con un azadón; en la periferia de cada parcela se levanto un bordo de 20 cm de altura para retener el agua

### **Siembra y aplicación de tratamientos**

Esta actividad se llevo acabo el día 19 de enero de 1998, utilizando una densidad de siembra de 140 kg de semilla/ha, la siembra se realizó al voleo procurando distribuir de manera uniforme la semilla, posteriormente se aplicó una capa de tierra para tapar las semillas y evitar que fueran arrastradas por el agua de riego. Inmediatamente después de la siembra en los tratamientos AS al 500KBA se realizó la aplicación al suelo de las algas en sus diferentes presentaciones, en los tratamientos donde se aplicó el

Algaenzims® se realizó con una bomba de mochila a la dosis recomendada anteriormente al momento del amacolle.

## **Labores Realizadas**

### **Deshierbes**

Se dieron dos deshierbes durante el desarrollo del cultivo en toda el área experimental con la ayuda de un azadón; esto para evitar la competencia y posible infestación de plagas y enfermedades al servir las malezas de hospederos.

### **Riegos**

Para el buen desarrollo del cultivo se aplicaron los siguientes riegos, tal como lo muestra el cuadro 3.2.

**Cuadro 3.3.- Calendario de riegos aplicados.**

| <b>No. de Riego</b> | <b>Fecha de 1998</b> | <b>Lamina de Riego (cm)</b> |
|---------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1                   | 20 Enero             | 4.46                        |
| 2                   | 27 Enero             | 1.40                        |
| 3                   | 3 Febrero            | 1.58                        |
| 4                   | 13 Febrero           | 3.16                        |
| 5                   | 27 Febrero           | 6.30                        |
| 6                   | 18 Marzo             | 6.30                        |
| 7                   | 31 Marzo             | 6.30                        |
| 8                   | 7 Abril              | 3.15                        |
| 9                   | 13 Abril             | 4.70                        |
| 10                  | 22 Abril             | 5.54                        |
| 11                  | 29 Abril             | 5.54                        |
| 12                  | 7 Mayo               | 5.54                        |
|                     | <b>Total</b>         | <b>53.97</b>                |

**Fertilización**

Para realizar esta actividad se utilizaron las siguientes fuentes: Poderoso (11-52-0), Nitrato de Amonio (34.5-0-0), Ácido Nítrico (55-0-0) y Ácido Fosfórico (0-85-0). Se aplicó la formula de fertilización 120-80-0, con una fertilización de fondo en el testigo del 50% de N y el 100% del P al momento de la siembra. El 50% del Nitrógeno

restante se aplicó al inicio del amacolle. Para esta dosis se utilizaron como fuentes el Poderoso y el Nitrato de Amonio.

| <b>Fuente</b>              | <b>Elemento</b> | <b>Costo/Unidad</b>       | <b>Unidades Requeridas</b> | <b>Costo Total</b>                |
|----------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Poderoso                   | P(52%)          | 4.68                      | 80                         | 374.4                             |
|                            | N (11%)         | 5.13                      | ----                       | 56.43                             |
| Nitrato de Amonio          | N (34.5)        | 5.22                      | 109                        | 568.9                             |
| <b>Total \$ N = 625.33</b> |                 | <b>Total \$ P = 374.4</b> |                            | <b>Total \$ N y P/ha = 999.73</b> |

Para los tratamientos del AF al 500KBA la fertilización se realizó al 75% del costo económico de los fertilizantes Poderoso y Nitrato de Amonio, utilizando como fuentes a los ácidos Nítrico y Fosfórico, de tal forma que el procedimiento quedó de la siguiente manera:

| <b>Fuente</b>   | <b>Elemento</b> | <b>Costo/Unidad</b> | <b>Unidades Aportadas</b> | <b>Costo Total</b> |
|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------------|--------------------|
|                 |                 | <b>d</b>            |                           | <b>\$</b>          |
| Ácido Fosfórico | P (85 %)        | 8.09                | 34.71                     | 280.8              |
| Ácido Nítrico   | N (55 %)        | 5.81                | 80.72                     | 468.7              |

|                           |                            |                                  |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| <b>Total \$ N = 468.1</b> | <b>Total \$ P = 280.80</b> | <b>Total \$ N y P/ha = 749.5</b> |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|

Finalmente la formula de fertilización utilizada por los tratamientos de AF al 500KBA fue de 81 - 35 - 00. Es decir la cantidad de Nitrógeno y Fósforo aportado se redujo en 32.5 % y 56 % respectivamente en relación al testigo. Posteriormente las cantidades de cada una de las fuentes se disolvieron en agua en una cubeta de 20 litros, para luego aplicarlos al sistema de riego con la ayuda de un venturi.

### **Aplicación de Agroquímicos**

Durante el ciclo del cultivo, sólo se aplicó el Folidol como insecticida a las dosis recomendadas como medida preventiva para evitar un ataque masivo de trips y pulgones cuando el cultivo comenzaba a espigar. También se aplicaron dos fungicidas, el Zineb de manera preventiva, por si se presentaban condiciones ambientales que pudieran provocar alguna enfermedad fungosa y el Tecto 60 para controlar el daño que estaba provocando el Carbón Volador una enfermedad causada por el hongo llamado Ustilago Tritici, esta aplicación se realizó cuando el cultivo presentaba un 50% de espigado, ya que en esa etapa fue cuando se observaron las primeras espigas dañadas.

### **Cosecha**

La cosecha se realizó el día 25 de Mayo de manera manual, utilizando como herramienta una hoz ó rozadera, las plantas se cortaron al nivel del suelo, posteriormente la paja completa se pasó a bolsas de plástico para ser trasladadas a la UAAAN, donde se

procedió a la trilla con el auxilio de una trilladora Estacionaria. Las plantas que se utilizaron para evaluar calidad de la espiga y rendimiento ( $1\text{m}^2$ ), se trillaron con una trilladora de plantas individuales, para de esta forma determinar con mayor exactitud dichas variables.

### Condiciones Climatológicas

Las condiciones climatológicas, se determinaron con los siguientes aparatos: para la temperatura se utilizó un termómetro de máximas y mínimas, la precipitación se midió con un pluviómetro conectado a un Data Logre y para la evaporación se usó el tanque evaporimetro, estos aparatos se encuentran dentro de la estación meteorológica del CIQA, las lecturas fueron tomadas diariamente a las 8:00 a.m. A continuación en el cuadro 3.3 se muestran las medias mensuales de las temperaturas, precipitación y evaporación de los meses en los que se desarrollo el cultivo:

**Cuadro 3.4- Condiciones ambientales presentadas durante el desarrollo del cultivo del trigo tratado con Algaenzims®, CIQA, 1998.**

| Mes     | T° Máxima (°C) | T° Mínima (°C) | Precipitación (mm) | Evaporación (mm) |
|---------|----------------|----------------|--------------------|------------------|
| Enero   | 21.55          | 3.94           | 0.0                | 4.86             |
| Febrero | 23.47          | 5.47           | 20                 | 6.16             |

|       |       |       |     |       |
|-------|-------|-------|-----|-------|
| Marzo | 24.86 | 7.27  | 0.0 | 7.69  |
| Abril | 27.68 | 11.18 | 0.0 | 5.04  |
| Mayo  | 35.26 | 17.36 | 0.0 | 10.11 |

### **Variables Evaluadas**

#### **Altura de Planta**

Para la evaluación de esta variable, la toma de datos se realizó en la etapa de madurez una lectura por cada repetición, de cada uno de los tratamientos, las lecturas se tomaron de la parte central de las parcelas, midiéndose con una cinta métrica desde la base de la planta hasta la punta de la mayoría de las espigas, posteriormente se obtuvo la media por tratamiento.

#### **Longitud de espiga**

Antes de la cosecha se tomaron diez espigas al azar de cada repetición, para medir su longitud en centímetros, obteniéndose un promedio por repetición.

### **Espiguillas por espiga.**

De las diez espigas antes mencionadas se contó el número de espiguillas de cada una, posteriormente se determinó la media por repetición para obtener finalmente un promedio por tratamiento.

### **Número de granos por espiga.**

Después de esto las espigas se desgranaron y se hizo el conteo de granos de cada una de ellas, obteniendo una media por cada repetición, y posteriormente un promedio por tratamiento.

### **Número de espigas dañadas por carbón volador**

Para la medición de esta variable, se hizo un conteo de las espigas dañadas por repetición, antes de la aplicación del fungicida, obteniéndose un promedio de espigas dañadas por repetición y tratamiento.

### **Rendimiento**

Para evaluar este parámetro se tomó un metro cuadrado como parcela útil, se desgrano por separado cada una de las repeticiones de cada tratamiento, posteriormente se colocó en bolsas el grano de cada repetición para tomar el peso en gramos por metro cuadrado, y de esta forma determinar posteriormente mediante una transformación el rendimiento en toneladas por hectárea de cada uno de los tratamientos.

### **Peso seco de la raíz**

Para evaluar esta variable, con un pico se saco la raíz de un metro cuadrado a una profundidad de 20 cm en cada repetición, enseguida se lavo y se seco al aire libre, posteriormente se determinó el peso de cada muestra, obteniéndose un promedio por repetición y tratamiento de peso seco de la raíz. Las muestras contenian de un 10.93 a 11.02 % de humedad, al momento de pesarse.

### **Peso Seco de la paja**

Del m<sup>2</sup> de donde se obtuvieran las raíces, después del desgrane se tomo la paja y se coloco en bolsas de plástico, posteriormente se peso la paja de cada una de las repeticiones, obteniendo finalmente el peso promedio por tratamiento transformándose a ton/ha. La paja al momento del pesado contaba con un 10.74 a 10.84 % de humedad.

### **Análisis de suelo.**

Se tomo una muestra representativa de la zona estudiada (0 - 20 cm de profundidad), en cada una de las repeticiones, se combinaron y homogenizaron para formar una muestra representativa por tratamiento. ( 1 - 5 - 2.5 Kg ), el suelo se puso a secar, ya seco se molió y cribó, posteriormente se enviaron las muestras a los laboratorios para su análisis. El primer análisis de suelo (antes de iniciar el cultivo), se realizó en la UAAAN en el laboratorio de Edafologia; y el último (después de cosecha) en los laboratorios del Patronato para la Investigación Agrícola del Estado de Coahuila A.C. ubicado en Arteaga; Coah.

### **Análisis Foliar**

El análisis foliar se determinó cuando la planta iniciaba la floración ( espigado ), se tomaron la tercera y segunda hoja, comenzando por la punta de crecimiento de la planta, por cada repetición se tomaron 10 plantas y de cada planta 2 hojas, posteriormente se concentraron para formar una sola muestra por tratamiento, las cuales se analizaron en el laboratorio de Fisiología del departamento de Horticultura de la UAAAN.

#### **Análisis de la paja.**

De las plantas del metro cuadrado tomadas en cada repetición para determinar rendimiento, incluyendo también las raíces, se hizo una mezcla para formar una muestra por tratamiento. Las muestras fueron analizadas por el laboratorio del Patronato para la Investigación Agrícola del Estado de Coahuila A.C. ubicado en Arteaga.

#### **Análisis de Proteína en el grano**

Para la determinación de proteína se tomaron 100 g de grano por repetición de las plantas evaluadas para rendimiento, cada muestra fue el resultado de la mezcla de las cuatro repeticiones por tratamiento, posteriormente se enviaron para su análisis al laboratorio del Patronato para la Investigación Agrícola A.C.

# RESULTADOS Y DISCUSION

## Análisis Inicial y Final del Suelo

### Discusión del análisis inicial y final del suelo.

#### **M.O.**

La cantidad de materia orgánica se redujo en todos los tratamientos con respecto al análisis inicial del suelo, sin embargo los tratamientos **AS** y **500KBA** superaron al testigo con 5.8 y 3.48 % más de **M.O.** (cuadro 4.1).

La reducción de **M.O.** en todos los tratamientos comparados con el contenido inicial se explica por el ritmo de destrucción anual de la **M.O.**, ya que en suelos fuertes la mineralización alcanza un ritmo de 0.5 a 0.7 %. Además, los suelos bien labrados tienen una mineralización más rápida que los deficientemente labrados. Es importante señalar que donde se tomaron las muestras de suelo se habían extraído las raíces y la paja por lo tanto los resultados no incluyen la **M.O.** generada por el último cultivo.

#### **N total**

El **N total** se redujo en todos los tratamientos incluyendo el testigo con respecto al análisis inicial del suelo, sin embargo el tratamiento **AS** supero al testigo con 12.5 % en el análisis final. El resto de tratamientos con algas resultaron con la misma cantidad de **N** que el testigo a excepción del **PCOL** que bajo ligeramente (cuadro 4.1). Estos resultados indican que las algas tuvieron la capacidad de incrementar la cantidad de **N Total** en el suelo ya que en estos tratamientos la cantidad de **N** aplicado vía fertilización se redujo un 75 % del costo económico y en 32.5 % unidades del elemento en cuestión.

**P**

El contenido de **P** sólo se redujo en el tratamiento **PCOL** al compararlo con los resultados del suelo inicial y el final del testigo, el resto de los tratamientos superaron el contenido inicial de **P**, destacando el incremento del tratamiento **500KBA** que superó al testigo con 17.0 % (cuadro 4.1).

Igual que en el **N** es importante hacer notar la capacidad de las algas para incrementar la cantidad de **P** en el suelo ya que en estos tratamientos la cantidad de **P** aportado vía fertilización se redujo un 75 % del costo económico y en 56 % las unidades de **P**.

**K**

La cantidad de **K** se incrementó en todos excepto en el tratamiento **PCOL** con respecto al contenido inicial del suelo, sin embargo los tratamientos **500KBA** y **100KBA** superaron al testigo con 17.6 y 15.4 % respectivamente (cuadro 4.1).

**CO<sub>3</sub>**

La cantidad de carbonatos en el suelo bajaron al terminar el cultivo, sin embargo es de destacar que la mayoría de tratamientos con algas disminuyeron en su concentración salvo el tratamiento **AS** donde se incremento ligeramente con respecto al testigo (cuadro 4.1).

**pH**

Con respecto a este parámetro es notorio observar el incremento de **pH** que sufrieron todos los tratamientos con respeto al análisis inicial del suelo, además es de destacar el incremento que sufrieron los tratamientos con algas ya que todos superaron ligeramente el **pH** del testigo (cuadro 4.1).

**C.E.**

La **CE** se redujo considerablemente en todos los tratamientos con respecto al análisis inicial, sin embargo lo más importante fue la disminución en la mayoría de los tratamientos con algas, ya que estuvieron en niveles por debajo del testigo, sólo el tratamiento **AS** fue el único que presentó una **CE** por arriba del testigo.

Estos resultados deben tomarse con cautela, ya que puede haber un sesgo debido a que fueron realizados por laboratorios diferentes (cuadro 4.1).

**Cuadro 4.1- Análisis inicial y final del suelo del campo experimental del CIQA, realizado en los primeros 20 cm de profundidad.**

| Parámetro                               | AI    | Análisis Final |                          |            |        |        |        |        |
|---|-------|----------------|--------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|
|   |       | testigo        | AF                       | AS         | ASF    | PCOL   | 100KBA | 500KBA |
| <b>M.O.</b>                             | 2.13  | 1.72           | 1.69                     | 1.82       | 1.66   | 1.53   | 1.68   | 1.78   |
| <b>N Total (%)</b>                      | 0.10  | 0.08           | 0.08                     | 0.09       | 0.08   | 0.07   | 0.08   | 0.08   |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ppm)</b> | 75.1  | 82.0           | 77.0                     | 79.0       | 81.0   | 62.0   | 82.0   | 96.0   |
| <b>K (ppm)</b>                          | 220.0 | 278.0          | 269.0                    | 233.0      | 225.0  | 217.0  | 321.0  | 327.0  |
| <b>CO<sub>3</sub> (%)</b>               | 39.9  | 34.8           | 33.40                    | 35.85      | 34.87  | 32.91  | 34.63  | 37.32  |
| <b>pH</b>                               | 7.6   | 8.17           | 8.22                     | 8.30       | 8.34   | 8.35   | 8.34   | 8.31   |
| <b>C.E. (mohos/cm)</b>                  | 5.0   | 3.24           | 2.95                     | 3.60       | 2.87   | 2.33   | 2.34   | 3.14   |
| <b>Textura</b>                          |       | Franco         | Franc<br>o<br>Limos<br>o | Franc<br>o | Franco | Franco | Franco | Franco |
| <b>Arena (%)</b>                        | 12.8  | 24.0           | 24.0                     | 24.0       | 24.0   | 22.0   | 22.0   | 26.0   |
| <b>Limo (%)</b>                         | 38.0  | 36.0           | 34.0                     | 40.0       | 40.0   | 42.0   | 42.0   | 44.0   |
| <b>Arcilla (%)</b>                      | 49.2  | 40.0           | 42.0                     | 36.0       | 36.0   | 36.0   | 36.0   | 30.0   |
| <b>D.A.</b>                             | ---   | 1.38           | 1.25                     | 1.35       | 1.35   | 1.35   | 1.38   | 1.38   |

**AI = análisis inicial**

## **Discusión de los elementos secundarios y microelementos del análisis final del suelo.**

### **Mg**

Los resultados obtenidos para este elemento en los distintos tratamientos indican que se mantuvieron con ligeros cambios los tratamientos con algas, destacando los ligeros incrementos obtenidos en **AS** y **AF** con respecto al testigo (cuadro 4.2).

### **Ca**

El comportamiento del **Ca** en los tratamientos con algas muestra una disminución con respecto al testigo, sin embargo el tratamiento **AS** incrementó su contenido por encima del testigo con un 3.8 % (cuadro 4.2).

### **Fe**

Los niveles de **Fe** se incrementaron notablemente en todos los tratamientos con algas con respecto al testigo, destacando por sus altos incrementos los tratamientos **PCOL**, **ASF**, **AS** con un 40.4, 17.3 y 13.3 % respectivamente (cuadro 4.2).

### **Cu**

Sólo el tratamiento **AF** incremento la cantidad de **Cu** en el suelo con respecto al testigo, en el resto las concentraciones de **Cu** fueron ligeramente menores (cuadro 4.2).

### **Zn**

Los niveles de concentración de **Zn** en el suelo estuvieron por debajo del testigo en todos los tratamientos con algas (cuadro 4.2).

### **Mn**

En los tratamientos **ASF**, **AS** y **AF** la cantidad de **Mn** en el suelo fue menor que la del testigo, sin embargo en los tratamientos **500KBA**, **PCOL** y **100KBA** los

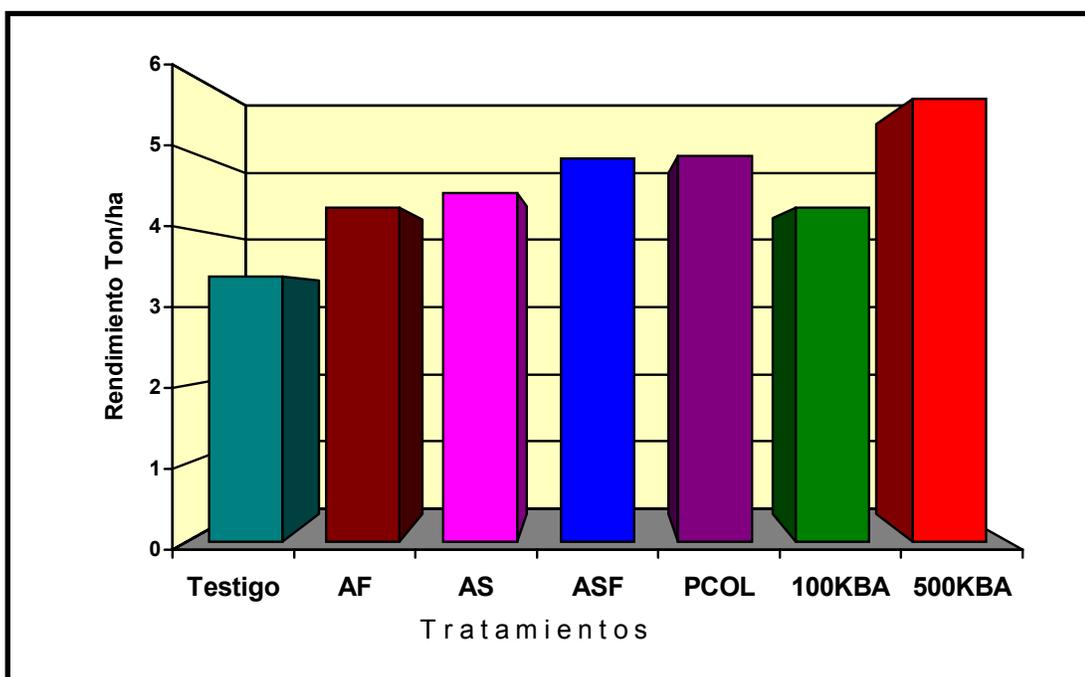
incrementos en concentración de **Mn** fueron de 373.6, 364.1 y 287.5 % respectivamente, en comparación con el testigo (cuadro 4.2).

**Cuadro 4.2- Resultados de los elementos secundarios y microelementos del Análisis final del suelo cultivado con trigo y tratado con Algaenzims®**

| Tratamiento    | Mg   | Ca    | Fe    | Cu    | Zn    | Mn    |
|----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | %    |       | ppm   |       |       |       |
| <b>Testigo</b> | 2.82 | 865.3 | 0.524 | 0.610 | 0.060 | 0.209 |
| <b>AF</b>      | 2.83 | 774.1 | 0.549 | 0.620 | 0.014 | 0.166 |
| <b>AS</b>      | 2.85 | 898.4 | 0.594 | 0.520 | 0.016 | 0.150 |
| <b>ASF</b>     | 2.82 | 782.4 | 0.615 | 0.500 | 0.013 | 0.108 |
| <b>PCOL</b>    | 2.79 | 684.4 | 0.736 | 0.470 | 0.050 | 0.970 |
| <b>100kBA</b>  | 2.81 | 7561  | 0.571 | 0.480 | 0.021 | 0.81  |
| <b>500kBA</b>  | 2.82 | 820.6 | 0.519 | 0.510 | 0.014 | 0.990 |

### Componentes del rendimiento.

En el cuadro 1 A.1 y figura 4.1 se presentan los resultados de las medias para la variable de rendimiento, donde se observó que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos.



**Figura 1.- Medias del rendimiento en trigo en toneladas por hectárea en respuesta a la aplicación de Algaenzims; CIQA, 1998.**

En la figura 1 se representa gráficamente el rendimiento en ton/ha de trigo, donde se puede observar que hubo diferencia altamente significativa entre tratamientos en este parámetro evaluado, el mejor tratamiento fue el **500KBA**, con un promedio de 5.660 ton/ha, observándose que hay un notable incremento de 67.1 %, comparado con el testigo, que obtuvo el promedio más bajo de todos los tratamientos con 3.386 ton/ha, el

tratamiento **PCOL** fue el segundo con un promedio de 4.933 teniendo un incremento de 45.6 %, el tratamiento **ASF**, obtuvo un promedio de 4.897 y su incremento fue de 44.6%, después le siguió el tratamiento **AS**, con promedio de 4.466 ton/ha y un incremento de 31.8%, por último los tratamientos **100KBA** y **AF** con promedios de 4.280 y 4.274 ton/ha obteniendo incrementos de 26.4% y 26.2 % respectivamente, todos comparados con el testigo.

Con estos resultados obtenidos, se puede decir que la aplicación de algas al cultivo del trigo tiene un efecto notorio en el incremento del rendimiento, estos resultados concuerdan con lo que reporta Herrera (1995), donde menciona que al aplicar extracto de algas, al suelo al momento de la siembra obtuvo un rendimiento de 5916 kg./ha de grano, contra 4066 kg./ha del testigo, incremento : 1850 kg. = 45.5%.

#### **Variables agronómicas y componentes del rendimiento.**

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas en las variables: Altura de planta, Longitud de espiga, Espiguillas por espiga, Granos por espiga, Peso del grano de diez espigas, Peso de raíz y Peso de paja; mientras que para él # de tallos por metro cuadrado y rendimiento de grano, se encontraron diferencias altamente significativas, según se aprecia en el cuadro 4.3.

**Cuadro 4.3.- Cuadrados medios y significancia del ANVA para las variables estudiadas, CIQA 1998.**

| <b>F.V</b>  | <b>gl</b> | <b>A.P</b>   | <b>Lon/Esp</b> | <b>Es/Esp</b> | <b>Gra/Esp</b> | <b>Peso. Gran. 10 Esp.</b> |
|-------------|-----------|--------------|----------------|---------------|----------------|----------------------------|
| Bloq.       | 3         | 14.890625 NS | 0.136068 NS    | 1.037435 NS   | 10.177083 NS   | 1.450846 NS                |
| Trat.       | 6         | 7.903646 NS  | 0.095581 NS    | 0.162109 NS   | 9.126302 NS    | 2.965332 NS                |
| E.E         | 18        | 7.587674     | 0.158407       | 0.411404      | 3.532118       | 2.896332                   |
| <b>C.V.</b> |           | <b>3.01</b>  | <b>3.45</b>    | <b>3.11</b>   | <b>3.45</b>    | <b>10.01</b>               |

| <b>Pes. Raiz 1m2</b> | <b>Pes. Paja 1m2</b> | <b>No. Tallos 1m2</b> |
|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 344.760406 NS        | 65002.66796 NS       | 3761.333252 **        |
| 104.596352 NS        | 7614.666504 NS       | 4007.229248 **        |
| 347.992188           | 49914.66796          | 434.666656            |
| <b>32.17</b>         | <b>12.27</b>         | <b>7.84</b>           |

\*,\*\* = Significancia al 0.5 y 0.1 % de probabilidad respectivamente.

NS = No significancia.

### **Variables de Vigor**

En el cuadro 2 A. se muestra el comportamiento medio de las variables de vigor de la planta del cultivo del trigo en respuesta a la aplicación de Algaenzims.

**A continuación se realiza el análisis y discusión de cada una de estas variables.**

**Altura de la planta.**

En el cuadro 2 A.. se presenta la altura media de la planta de los tratamientos estudiados, no habiendo diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos, después de realizar el ANVA.

El tratamiento que obtuvo mejor promedio fue el **AF** ( Aplicación Foliar ), con un promedio de 94 cm de altura, es decir 2.4% de incremento con respecto al testigo que obtuvo un promedio de 91.8 cm de altura, con estos resultados se puede observar que la aplicación foliar de algas al cultivo del trigo tiene una ligera tendencia a incrementar la altura de la planta.

### **Peso seco de la raíz.**

Como se aprecia en el cuadro 2 A., la diferencia entre tratamientos no fue significativa estadísticamente, esto después de realizar el ANVA para esta variable, sin embargo el mejor peso lo obtuvo el tratamiento donde se aplicó **500kBA** ( 500 Kg. de Bagazo de Algas ), con un promedio de 6.35 ton/ha de peso seco de raíz, obteniendo un incremento de 21.8 %, comparado con el testigo que promedió 5.21 ton/ha de peso, también cabe mencionar que los tratamientos **AF** ( Aplicación Foliar ), **PCOL** ( Aplicación de Polvo Coloidal de Algas Molidas a la Semilla ), **AS** ( Aplicación al suelo ) y **ASF** ( Aplicación al Suelo y Foliar ), obtuvieron promedios superiores al testigo, mientras que el tratamiento **100KBA** (100 kg. de Bagazo de Algas ), promedió 4.96 ton/ha, siendo este el promedio más bajo, esto quizás debido a que la aplicación de algas en esta forma, no influye en el peso de la raíz.

Uno de los efectos más pronunciados, al aplicar extractos de algas a las plantas es un vigoroso sistema radicular ( Blunden y Wilgoose 1977, Featonby y Van Staden 1983a, 1984b, Helson y van Staden 1984a ).

Como se puede observar lo que mencionan estos autores concuerdan con los resultados obtenidos en este experimento, ya que en la mayoría de los tratamientos donde se aplicaron algas superaron al testigo, ya que las algas promueven un buen desarrollo radicular por lo tanto el peso de la raíz será mayor.

### **Peso seco de la paja.**

Después de realizar el análisis de varianza, en el cuadro 2 A., se muestra el promedio del peso de la paja de cada uno de los tratamientos, observándose que no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Sin embargo se puede mencionar que el tratamiento en el que se presentó el mejor promedio fue el **AF**, con un promedio de 18.667 ton/ha, obteniendo un ligero incremento del 0.1 % comparado con el testigo que promedió 18.647 ton/ha, también cabe mencionar que los tratamientos **AS**, **ASF** y **500KBA**, obtuvieron promedios similares al testigo.

Los extractos de cenizas de algas, incrementan significativamente los pesos en húmedo y seco ( Blunden et al. 1988 ). Aldworth van Staden ( 1987 ), cita que con la aplicación de extracto de algas se mejora el vigor de las plantas. Como se puede ver, los resultados obtenidos coinciden con lo que citan estos autores, aunque el incremento no fue significativo se puede decir que las algas si tienden a incrementar el peso seco de la paja.

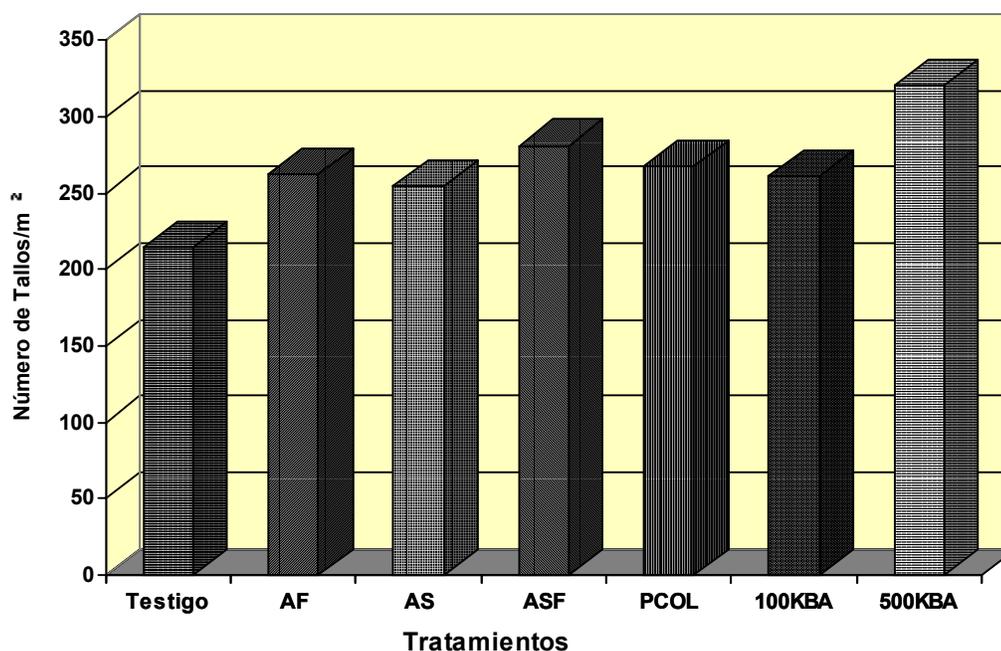
#### **Peso seco de raíz y paja.**

En el cuadro 2 A., se encuentran los promedios obtenidos del peso seco de raíz y paja de cada uno de los tratamientos estudiados, después de realizar el ANVA encontrando que la diferencia no fue significativa estadísticamente en este parámetro evaluado.

El tratamiento **AF** , presentó el mejor promedio en esta variable con 19.250 ton/ha, esto represento un incremento del 0.42 % comparado con el promedio del testigo que fue de 19.168, los demás tratamientos obtuvieron promedios en un rango de 18.302 a 19.092 ton/ha, cabe mencionar que en el testigo se aplicó el 100 % de la fertilización del paquete usual en la región, mientras que en los demás tratamientos sólo se aplicó el 75 % del costo económico de la fertilización regional, esto pudo ser una causa que influyo sobre estos resultados que se obtuvieron, con todo y esto los tratamientos donde se aplicaron algas obtuvieron promedios similares al testigo, incluso habiendo un tratamiento que supero al testigo.

#### **Números de tallos en un metro cuadrado.**

Como se puede observar en el cuadro 2 A. y Fig. 2, hubo una diferencia altamente significativa entre tratamientos, en esta variable estudiada.



**Figra 2.- Medias del número de tallos/m<sup>2</sup> en trigo tratado con Algaenzims,CIQA, 1998.**

En la figura 2, se representa gráficamente el número de tallos en un metro cuadrado por tratamiento; donde se encontró que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos, esto después de realizar el análisis de varianza para esta variable, el tratamiento **500KBA** obtuvo el mejor promedio con 320 tallos por metro cuadrado, teniendo un incremento de 49.5 %, en comparación con el promedio del testigo que fue de 214 tallos, y fue este el promedio mas bajo de todos los tratamientos, el tratamiento **ASF**, promedió 281, siguiendo el tratamiento **PCOL** con 268, el tratamiento **AF**, obtuvo una media de 262 y los tratamientos **100KBA** y **AS**, promediaron 261 y 255 tallos respectivamente.

Van Staden ( 1973 ), Wilcsek y Ng. ( 1982 ), Button y Naves ( 1964 ), citan que al aplicar extracto de algas en semilla de betabel y zacate rastrero incrementaron notablemente la germinación de la semilla, como se puede observar en los resultados de este experimento coinciden con lo que mencionan estos autores, ya que todos los tratamientos donde se aplicaron algas los resultados fueron superiores al testigo, esto significa que al aplicar productos hechos a base de algas marinas al cultivo de trigo, se puede incrementar la germinación o puede tener influencia en el amacollamiento, cabe mencionar que el método de siembra fue al voleo, lo que pudo también influir en estos resultados

Al realizar los contrastes ortogonales en esta variable, se encontró los siguientes resultados:

En el contraste 4 “AS” vs “ASF y Bagazo”, la diferencia fue significativa, mientras que en los contrastes 1 “Sin algas” vs “Algas” y 2 “100 kg de Bagazo” vs “500 kg de Bagazo”, la diferencia fue altamente significativa, en el resto de los contrastes no se encontró diferencia significativa (cuadro 4 A.).

### **Longitud de la espiga.**

Los resultados de este parámetro evaluado, se pueden observar en el cuadro 3 A, donde se puede ver que no existe diferencia significativa entre tratamientos.

El mejor tratamiento fue el **100KBA** obteniendo un promedio de 11.74. incrementando un 0.34 % comparado con el testigo que promedió 11.70 cm , sobre este parámetro no se encontró literatura que mencione si las algas tienen un efecto sobre la longitud de la espiga, se puede mencionar que el tratamiento más bajo fue el **PCOL**, con 11.34 cm por lo que no hay mucha diferencia entre el testigo y este tratamiento, como conclusión se puede decir que si las algas no aumentan significativamente la longitud de la espiga, si mantienen un promedio estable.

### **Espiguillas por espiga.**

Después de realizar el ANVA, en el cuadro 3 A., se muestran los resultados de las medias para el parámetro espiguillas por espiga, en donde se observó que no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

El tratamiento que mostró mejor promedio en este parámetro fue el **500KBA** con un promedio de 20.85 que es igual a 0.14 % de incremento comparado con 20.82 que fue el promedio del testigo, los demás tratamientos tuvieron promedios superiores de 20.37, este fue el promedio mas bajo.

Estos resultados no coinciden con lo que mencionan Nelson y Van Staden ( 1984b, 1986 ), donde demostraron que la aplicación de extracto de algas al trigo, incrementó significativamente, el número total de espiguillas por espiga, aquí se puede mencionar que aunque no hubo un incremento significativo si se mantuvo un promedio similar.

### **Número de granos por espiga.**

En el cuadro 3 A. se encuentran los resultados de esta variable, se observo que no existe diferencia significativa entre tratamientos, después de realizar el análisis de varianza.

El tratamiento que promedió mas número de granos por espiga fue el **PCOL**, con 56.85 granos/espiga, teniendo un ligero incremento de 7.1 % comparado con el testigo que obtuvo un promedio de 53.07, el promedio más bajo fue el del tratamiento **100KBA** con 52.87 granos/espiga, los tratamientos **AF**, **ASF**, **500KBA** y **AS** obtuvieron promedios superiores al testigo respectivamente.

Estos resultados nos indican que la aplicación de algas al cultivo del trigo, tuvo una ligera tendencia a incrementar el número de granos por espiga, esto coincide con lo que mencionan Nelson y Van Staden ( 1984b, 1986 ), donde citan que la aplicación de extractos de algas incrementó el número de granos por espiga y por planta.

Al realizar los contrastes ortogonales para esta variable se encontró diferencia significativa solo en el contraste 2 “Tratamiento a la semilla” vs “Resto” , esto nos indica que al tratar la semilla con polvo coloidal de algas molidas, se tiene una tendencia a aumentar el número de granos por espiga, en el resto de los contrastes no hubo diferencia significativa (cuadro 4 A.).

### **Peso del grano de 10 espigas.**

En el cuadro 3 A., se muestran los resultados de las medias de esta variable donde se observó que la diferencia entre tratamientos no fue significativa estadísticamente, esto también se observó en el análisis de varianza, el mejor peso de esta variable lo obtuvo el tratamiento **PCOL** con un peso promedio de 18.37 gr, este tratamiento muestra un incremento del 6.0 % comparado con el promedio del testigo que fue de 15.80 gr, aquí cabe mencionar que todos los tratamientos obtuvieron un promedio superior al testigo, esto nos indica que al aplicar algas al cultivo del trigo aumenta el peso del grano.

Estos resultados concuerdan con lo que mencionan los siguientes autores:

Featonby Smith, Van Staden (1987b), estos autores mencionan que al aplicar extractos de algas al cultivo de avena, la masa de la semilla se incrementó por el orden de 50 %. Aunque en nuestros resultados el incremento no fue significativo se puede decir que si hubo un efecto favorable en esta variable ya que todos los tratamientos superaron al testigo, a esta variable también se le realizaron contrastes ortogonales, encontrándose diferencia no significativa.

### **Discusión del análisis foliar en trigo realizado al inicio de floración.**

#### **N**

Los niveles de concentración de **N** en las hojas se redujeron en la mayoría de los tratamientos con algas, sin embargo los tratamientos **ASF** y **PCOL** incrementaron su concentración en 29.8 y 10.0 % con respecto al testigo (cuadro 4.4).

Sin embargo es importante señalar nuevamente que la cantidad de unidades de **N** aportada se redujo en los tratamientos con algas en 32.5 % con respecto al testigo, por lo tanto los resultados obtenidos indican que las algas incrementaron la liberación de iones (nutrientes), y por lo tanto la asimilación de estos por la planta, como se aprecia con el **N** y otros elementos.

#### **P**

La cantidad de **P** se redujo ligeramente en la mayor parte de los tratamientos con algas, sin embargo el tratamiento **PCOL** incremento su concentración en 29.9 % con respecto al testigo (cuadro 4.4).

Se cree que el ligero decremento en la cantidad de **P** en los tratamientos con algas tiene estrecha relación con la reducción de **P** aplicado en la fertilización ya que esta fue de un 56 %, de tal modo que si tomamos en cuenta esta consideración confirmamos que las algas definitivamente incrementaron la cantidad de **P** asimilable para la planta.

## **K**

Los niveles de **K** se incrementaron notoriamente en todos los tratamientos con algas respecto al testigo, los tratamientos **500KBA**, **PCOL** y **AF** destacan por incrementar con 97.7, 94.9 y 68.9 % respectivamente la concentración de **K** en sus hojas (cuadro 4.4).

## **Mg**

En general los niveles de concentración estuvieron ligeramente superiores al testigo (cuadro 4.4).

## **Ca**

Los niveles de concentración de **Ca** en las hojas de trigo en los tratamientos con algas estuvieron ligeramente inferiores al testigo, excepto **ASF** que supero ligeramente al testigo (cuadro 4.4).

## **Na**

En general los niveles de concentración de **Na** fueron inferiores al testigo excepto **ASF** que lo supero ligeramente. Importante destacar que la menor concentración de este elemento puede ser satisfactoriamente saludable si este mismo comportamiento lo presenta el grano, ya que según los Nutriólogos dietas bajas en **Na** reducen los riesgos

de un infarto. Por lo tanto es notable señalar que el tratamiento **500KBA** redujo en 412.5 % su concentración de **Na** en sus hojas (cuadro 4.4).

## **Fe**

Todos los tratamientos con algas superaron al testigo en la concentración de **Fe** en sus hojas, destacando por sus incrementos los tratamientos **100KBA**, **PCOL** y **500KBA** que fueron de 50.6, 35.9 y 34.2 respectivamente (Cuadro 4.4).

Los incrementos de concentración de **Fe** fueron sorprendentes ya que en este tipo de suelos uno de los problemas más fuertes son las deficiencias de este elemento. Al parecer este comportamiento esta asociado con la disminución en la concentración de **Ca** en la hoja y el suelo, estando estos niveles dentro del rango normal de concentración. Por lo tanto es notable la liberación de **Fe** provocado por las algas.

## **Mn**

Todos los tratamientos con algas superaron el contenido de **Mn** al testigo destacando **100KBA**, **500BA** y **ASF** con incrementos de 21.8, 16.3 y 10.9 % respectivamente (cuadro 4.4).

## **Zn**

Ligera disminución de **Zn** en la mayoría de los tratamientos con algas excepto en **500KBA** que incremento mínimamente al testigo (cuadro 4.4).

## **Cu**

Gran disminución de **Cu** en los tratamientos **AF**, **AS** y **ASF**, mediana en **PCOL** y **500KBA**, mientras que en el tratamiento **100KBA** el contenido de **Cu** se incremento un 25 % con respecto al testigo (cuadro 4.4).

**Cuadro 4.4.- Análisis foliar en trigo realizado al inicio de la floración en la segunda y tercera hoja, comenzando por la punta de crecimiento de la planta.**

| Trata.         | N    | P     | K    | Mg    | Ca    | Na    | Fe   | Mn  | Zn | Cu |
|----------------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|-----|----|----|
|                | %    |       |      |       |       |       | ppm  |     |    |    |
| <b>Testigo</b> | 2.18 | 0.274 | 3.54 | 0.426 | 2.058 | 0.066 | 957  | 110 | 60 | 16 |
| <b>AF</b>      | 1.23 | 0.259 | 5.98 | 0.420 | 1.620 | 0.052 | 1182 | 112 | 46 | 4  |
| <b>AS</b>      | 1.23 | 0.248 | 4.30 | 0.538 | 1.915 | 0.032 | 1129 | 112 | 40 | 6  |
| <b>ASF</b>     | 2.83 | 0.264 | 4.12 | 0.500 | 2.248 | 0.070 | 1214 | 122 | 52 | 8  |
| <b>PCOL</b>    | 2.40 | 0.356 | 6.90 | 0.420 | 1.964 | 0.060 | 1301 | 116 | 50 | 10 |
| <b>100kBA</b>  | 1.82 | 0.270 | 3.74 | 0.490 | 1.902 | 0.050 | 1442 | 134 | 52 | 20 |
| <b>500kBA</b>  | 1.52 | 0.265 | 7.00 | 0.448 | 1.738 | 0.016 | 1285 | 128 | 62 | 12 |

**Comportamiento de los Niveles Nutrimientales de Acuerdo a los Resultados del Análisis Foliar, Comparados con los Niveles Reportados por la Junta de Extremadura, 1992 cuadro 4.8.**

N

En general en **N** todos los tratamientos resultaron bajos con respecto al cuadro del estado nutrimental del trigo en la etapa de floración hecho por la Junta de Extremadura (cuadro 4.5).

### **P**

En **P** todos los tratamientos se encontraron dentro del nivel óptimo, de acuerdo con las recomendaciones hechas por la Junta de Extremadura, 1992 (cuadro 4.5).

### **K**

En **K** todos los tratamientos estuvieron dentro del nivel alto, destacando que los tratamientos **500KBA** y **PCOL** incrementaron 100 y 99.4 % respectivamente de acuerdo con las recomendaciones hechas por la Junta de Extremadura, 1992 (cuadro 4.5).

### **Mg**

Los niveles de **Mg** superaron el nivel alto de concentración, destacando los tratamientos **AS** y **ASF** (cuadro 4.5).

### **Ca**

En **Ca** también todos los tratamientos superaron el nivel alto, destacando los tratamientos **ASF** y el testigo con un incremento del 124.8 y 100 % respectivamente con respecto a las recomendaciones emitidas por la Junta de Extremadura, 1992 (cuadro 4.5).

### **Fe**

Igual que los elementos anteriores el **Fe** se incremento con respecto al nivel alto en todos los tratamientos destacando **100KBA**, **PCOL**, y **500KBA** que superaron grandemente al testigo y el nivel alto recomendado por la Junta de Extremadura, 1992 (cuadro 4.5).

### **Mn**

En **Mn** todos los tratamientos se encontraron rebasando el nivel normal de concentración, sin llegar al nivel alto (cuadro 4.5).

### **Cu**

En **Cu** los tratamientos **AF** y **AS**, estuvieron ligeramente por debajo del valor normal, el resto de los tratamientos se ubicaron dentro del valor normal de concentración (cuadro 4.5).

### **Zn**

Los niveles de concentración de **Zn** en la hoja de trigo en todos los tratamientos estuvieron por encima del valor normal de acuerdo con las recomendaciones de la Junta de Extremadura (cuadro 4.5).

**Cuadro 4.5.- Niveles de nutrientes en floración del trigo determinados en la segunda y tercera hoja de trigo, comenzando por la punta de crecimiento de la planta.**

| <b>Elemento</b> | <b>Bajo</b> | <b>Normal</b> | <b>Alto</b> |
|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| <b>% N</b>      | < 1.5       | 2.6 - 5.0     | > 6.0       |
| <b>% P</b>      | < 0.10      | 0.20 - 0.26   | > 0.5       |
| <b>% K</b>      | < 1.0       | 1.75 - 2.6    | < 3.5       |
| <b>% Ca</b>     | 0.25        | 0.50 - 0.75   | > 1.0       |
| <b>% Mg</b>     | < 0.05      | 0.09 - 0.15   | > 0.3       |
| <b>ppm Fe</b>   | < 10        | 21 - 200      | > 500       |
| <b>ppm Mn</b>   | < 10        | 16 - 100      | > 300       |
| <b>ppm Cu</b>   | < 2         | 7 - 20        | > 70        |
| <b>ppm Zn</b>   | < 10        | 21 - 40       | > 150       |
| <b>ppm B</b>    | < 3         | 7 - 25        | > 1000      |

**Discusión del análisis de la paja de trigo.**

**N**

Disminución generalizada en todos los tratamientos con algas, siendo de estos los más cercanos al testigo los tratamientos **ASF**, **AF** y **500KBA** (cuadro 4.6).

**P**

Disminución generalizada en todos los tratamientos con algas, los tratamientos más cercanos al testigo fueron **AF** y **AS** (cuadro 4.6).

**K**

Disminución generalizada en todos los tratamientos con algas, siendo los más altos **AS** y **500KBA** (cuadro 4.6).

**Mg**

En general no hubo diferencias relevantes entre tratamientos, siendo los más altos **500KBA** y **AF** y los más bajos que el testigo **100KBA**, **ASF** y **AS** (cuadro 4.6)

**Ca**

Los tratamientos que superaron al testigo fueron **AS** y **ASF**, mientras que en el resto disminuyo el contenido de **Ca** con respecto al testigo (cuadro 4.6).

**Fe**

Todos los tratamientos con algas incrementaron su contenido de Fe respecto al testigo siendo los tratamientos **ASF**, **AF** y **PCOL** los más altos (cuadro 4.6).

**Cu**

Los tratamientos **ASF** y **AF** fueron los que incrementaron su concentración por encima del testigo (cuadro 4.6).

**Zn**

Los tratamientos **ASF**, **AF** y **PCOL** fueron los que incrementaron su concentración por encima del testigo (cuadro 4.6).

**Mn**

Los tratamientos **ASF** y **500KBA** fueron los que incrementaron su concentración por encima del testigo (cuadro 4.6).

**Cuadro 4.6.- Análisis de la paja en cultivo de trigo tratado con Algaenzims®**

| Tratamiento    | N    | P          | K     | Mg         | Ca    | Fe    | Cu   | Zn    | Mn        |
|----------------|------|------------|-------|------------|-------|-------|------|-------|-----------|
|                |      |            |       |            |       |       |      |       |           |
| <b>Testigo</b> | 0.98 | 0.098      | 226.2 | 0.484<br>6 | 7.300 | 11880 | 16.0 | 143.2 | 109.<br>0 |
| <b>AF</b>      | 0.84 | 0.093      | 206.6 | 0.485<br>4 | 6.154 | 14680 | 17.2 | 146.8 | 103.<br>4 |
| <b>AS</b>      | 0.70 | 0.077      | 211.8 | 0.480<br>8 | 13.8  | 12680 | 13.8 | 134.4 | 102.<br>8 |
| <b>ASF</b>     | 0.91 | 0.072      | 152.4 | 0.480<br>6 | 8.956 | 17800 | 18.8 | 154.4 | 137.<br>8 |
| <b>PCOL</b>    | 0.14 | 0.072      | 164.4 | 0.481<br>6 | 6.750 | 14340 | 15.0 | 152.4 | 101.<br>0 |
| <b>100kBA</b>  | 0.14 | 0.010<br>6 | 163.0 | 0.480<br>4 | 4.800 | 13220 | 15.8 | 139.6 | 90.4      |

|               |      |       |       |       |       |       |      |       |      |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| <b>500kBA</b> | 0.84 | 0.010 | 209.0 | 0.487 | 6.231 | 13960 | 14.8 | 136.4 | 118. |
|               |      | 6     |       | 0     |       |       |      |       | 2    |

## **Discusión del análisis del grano de trigo.**

### **Proteína Cruda**

El contenido de proteína en el grano de trigo fue menor al normal únicamente en el tratamiento **AF**, en el resto de los tratamientos el contenido de proteína incluyendo al testigo superaron la media normal (cuadro 4.7).

Sin embargo es importante destacar que los tratamientos con algas a excepción del **AF**, el resto superaron al testigo sobresaliendo los incrementos de **AS**, **ASF**, **100KBA** y **500KBA** con (9.3, 11.09 %), (9.3, 8.3 %) (9.3, 0.0 %) y (6.2, 8.3 %) en proteína cruda base húmeda y seca respectivamente. Por lo tanto creemos que el nitrógeno aportado por los tratamientos con algas tiene una mayor participación dentro de los procesos metabólicos que dan por resultado una mayor síntesis de proteína en el grano.

### **Grasa**

El contenido de grasa en granos de trigo se incremento ligeramente en todos los tratamientos con algas con respecto al testigo (cuadro 4.7).

### **Fibra Cruda**

El comportamiento de fibra cruda fue irregular ya que el tratamiento **PCOL** fue el único que rebasó el nivel del testigo, el resto de tratamientos con algas tuvieron concentraciones menores al testigo tanto en base húmeda como seca (cuadro 4.7).

### **Cenizas**

La cantidad de cenizas generada por el testigo fue mayor al resto de tratamientos.

Como conclusión a este punto se puede decir que los tratamientos con algas presentaron menor cantidad de cenizas que el testigo, debido a que estos presentaron menor cantidad de fibra cruda (cuadro 4.7).

**Cuadro 4.7.- Análisis de grano de trigo, para determinar su contenido de proteína y otros atributos de calidad**

| Trato.         | Materia seca (%) |     | Humedad (%) |      | Proteína Cruda |      | Grasa |      | Fibra Cruda |      | Cenizas |      |
|----------------|------------------|-----|-------------|------|----------------|------|-------|------|-------------|------|---------|------|
|                | H                | S   | H           | S    | H              | S    | H     | S    | H           | S    | H       | S    |
| <b>Testigo</b> | 89.3             | 100 | 10.7        | 0.00 | 14.0           | 15.8 | 2.36  | 2.64 | 5.55        | 6.22 | 2.45    | 2.74 |
|                | 0                |     | 0           |      | 9              | 6    |       |      |             |      |         |      |
| <b>AF</b>      | 88.9             | 100 | 11.0        | 0.00 | 11.4           | 14.5 | 2.43  | 2.73 | 4.77        | 5.36 | 1.68    | 1.89 |
|                | 2                |     | 8           |      | 5              | 3    |       |      |             |      |         |      |
| <b>AS</b>      | 88.8             | 100 | 11.1        | 0.00 | 15.4           | 17.6 | 2.42  | 2.72 | 5.13        | 5.77 | 2.15    | 2.42 |
|                | 4                |     | 6           |      | 1              | 2    |       |      |             |      |         |      |

|            |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>ASF</b> | 89.2 | 100 | 10.7 | 0.00 | 15.4 | 17.1 | 2.43 | 2.72 | 5.45 | 6.11 | 2.01 | 2.25 |
|            | 2    |     | 8    |      | 1    | 8    |      |      |      |      |      |      |

|             |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>PCOL</b> | 88.7 | 100 | 11.2 | 0.00 | 14.9 | 16.3 | 2.43 | 2.74 | 5.83 | 6.57 | 2.12 | 2.39 |
|             | 6    |     | 4    |      | 7    | 0    |      |      |      |      |      |      |

|              |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>100kB</b> | 89.3 | 100 | 10.6 | 0.00 | 15.4 | 15.8 | 2.45 | 2.74 | 5.27 | 5.90 | 2.10 | 2.35 |
| <b>A</b>     | 9    |     | 1    |      | 1    | 6    |      |      |      |      |      |      |

|              |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>500kB</b> | 89.3 | 100 | 10.6 | 0.00 | 14.9 | 17.1 | 2.40 | 2.69 | 3.98 | 4.45 | 1.98 | 2.22 |
| <b>A</b>     | 6    |     | 4    |      | 7    | 8    |      |      |      |      |      |      |

## CONCLUSIONES

La aplicación de algas al trigo, mostró efectos positivos en la mayoría de las variables estudiadas, las variables donde hubo diferencias altamente significativas fueron, número de tallos por metro cuadrado y rendimiento total, el tratamiento que obtuvo mayor promedio fue 500KBA (500 kg de bagazo de algas), cabe mencionar que todos los tratamientos donde se aplicaron algas superaron al testigo en estas dos variables, en las variables restantes todos los tratamientos se comportaron de manera similar, habiendo tratamientos que superaron al testigo.

El contenido de P y K en el suelo aumento en los tratamientos donde se aplicaron algas, además aumento el pH y disminuyo la C. E.

En cuanto a los microelementos, destaca el aumento de Fe en todos los tratamientos con algas, sobresaliendo los tratamientos PCOL (aplicación de polvo coloidal a la semilla), ASF (aplicación de Algaenzimsal suelo y foliar), AS (aplicación al suelo), con incrementos de 40.4, 17.3 y 13.3% respectivamente, en los demás microelementos se presentaron resultados similares, solo en Zn los tratamientos con algas estuvieron por debajo del testigo, estas comparaciones se hicieron con el análisis inicial y final del suelo.

En el análisis foliar que se hizo al inicio de floración, destaca los incrementos de K y Fe en todos los tratamientos con algas superando significativamente al testigo, en el análisis de la paja de trigo, solo el Fe aumento en los tratamientos con algas.

El contenido de proteínas del grano de trigo, aumento en los tratamientos AS (aplicación al suelo), ASF (aplicación al suelo y foliar), 100KBA (100 kg de bagazo de algas) y 500KBA (500 kg de bagazo de algas), obteniendo incrementos de (9.3, 11.09%), (9.3, 8.3%), (9.3, 0.0%) y (6.2, 8.3%), esto en proteína cruda base húmeda y seca respectivamente, el tratamiento AF (aplicación foliar), presento contenido de proteínas por debajo de lo normal, el contenido de grasa del grano de trigo aumento ligeramente en los tratamientos con algas superando al testigo.

Con estos resultados obtenidos, se puede concluir que las algas tienen influencia directa en el rendimiento del grano de trigo, además aumenta el contenido de macro y microelementos del suelo y la planta, aumenta el contenido de proteínas del grano de trigo, probablemente debido a que las plantas asimilan mejor el nitrógeno que contienen las algas.

## **RESUMEN**

El experimento se estableció en los terrenos del CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada), ubicado al noreste de la cd. de Saltillo, Coahuila, México, con el propósito de comparar los efectos que tienen las algas, en las propiedades físico-químicas y del suelo, rendimiento y contenido de proteínas del grano y biomasa de trigo, utilizándose los tratamientos: AS (aplicación de Algaenzims® al suelo), AF (aplicación foliar), ASF (aplicación al suelo y foliar), PCOL (aplicación de polvo coloidal de algas a la semilla), 100KBA (100 kg de bagazo de algas) y 500KBA (500 kg de bagazo de algas), cabe mencionar que en todos los tratamientos donde se aplicaron algas, se aplicó también el 75% de fertilización química en base al costo económico, estos tratamientos fueron comparados con el testigo donde se aplicó el 100% de la fertilización química con la recomendación usual en la región.

El diseño experimental fue el bloques al azar, con 7 tratamientos y 4 repeticiones, se realizaron muestreos al suelo al inicio del experimento y al final, para posteriormente ser analizados en un laboratorio.

Los tratamientos donde se aplicaron algas, mostraron mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas, el tratamiento que mostró mayor número de tallos por metro cuadrado y mejor rendimiento fue el 500KBA, con 320 tallos por metro cuadrado y un

rendimiento de 5660 kg/ha; el tratamiento con menor número de tallos y menor rendimiento fue el testigo con 214 tallos y 3386 kg/ha, al comparar estos resultados se muestra un incremento de 49.5 en número de tallos y 67.1 en rendimiento comparado con el testigo.

El tratamiento AS, tubo mejor asimilación de nitrógeno, incrementándolo un 12.5% comparado con el testigo, aumento 3.8% el contenido de calcio, el tratamiento 500KBA incremento el contenido de P y K en un 17.0 y 17.6% comparado con el testigo respectivamente, además incrementó un 373.6% el contenido de Mn, el pH aumento y la C.E. disminuyo en todos los tratamientos con algas, el tratamiento PCOL incremento el Fe 40.4%.

En el análisis foliar, destaca el aumento de K, Fe, Mn, en todos los tratamientos donde se aplicaron algas, superando al testigo.

En el análisis de la paja sobresale el incremento de Fe en todos los tratamientos con algas, superando estos al testigo, siendo los tratamientos ASF, AF, y PCOL los mas altos respectivamente.

El mejor contenido de proteína cruda lo obtuvo el tratamiento AS con (9.3, 11.03%), siguiéndole los tratamientos ASF, 100KBA, 500KBA, con (9.3, 8.3%), (9.3, 0.0%) y (6.2, 8.3%) respectivamente, el contenido de grasa del grano de trigo, tubo un ligero incremento en todos los tratamientos con algas, con respecto al testigo.

## LITERATURA CITADA

- \*\*Abetz, P. and C. L. Young**, 1983. The effect of seaweed extract sprays derived from *Ascophyllum nodosum* on lettuce and cauliflower crops. *Botanica Marina*, 26: 487 - 492 .
- \*\*Acosta C. A.** 1990. Comunicación personal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN), Saltillo, Coahuila, México.
- \*\*Aitken, J. B. and T. L. Senn**, 1965. Seaweed products as fertilizer and soil conditioner for horticultural crops. *Bot. Mar.* 8: 144 - 148.
- \*\*Albasel, N. J. Navrot and U. Kafkaafi**, 1977. Effect of nitrogen source on tomato growth on a desert soil containing 95% carbonates: A greenhouse study, *Plant and soil*.
- \*\*Augier, H. and H. Harada**, 1972. Presence d'hormones de type cytokinins dans le thallus des algues marines. *C. R. Acad. Sci.*, Paris. 275: 1765 - 1768.
- \*\*Augier, H. and H. Harada**, 1973. Contribution á l'étude des cytokinins endogenes des algues. *Téthys* 5: 81 -93.
- \*\*Augier, H.** 1974a. Les phytohormones des algues I. Etude biochemique, *Ann. Sci. Nat.*, Bot. 15: 119 - 180.
- \*\*Augier, H.** 1974b. Les hormones des algues II. Etude physiologique. *Ann. Sci. Nat.*, Bot. 15: 119 - 180.
- \*\*Bently - Mowar, J. A. y S. M. Reid**, 1968. Investigation of the radish leaf bioassay for kinetins and demonstration of kinetin - like substances algae. *Ann. Bot. N. S.* 32: 23 -32 .
- \*\*Biddington, N. L. and T. H. Thomas**, 1976. Antibiotic ( fungicidal ) action from extracts of some seaweeds. *Botánica Marina* 18: 163 - 165 .
- \*\*Blunden, G.** 1973 . Effects of Liquid Seaweed Extracts as Fertilizers. *Proc. Seventh International Seaweed Symposium. In. ref. 3. School of Pharmacy, Polytecnic, Park Road, Portsmouth, Hants, England.*
- \*\*Blunden, G.** 1977. Cytokinin activity of seaweed extract. In : D. L. , Faulkner and W. H. Fenical ( eds ). *Marine natural products chemistry.* Pp. 337 - 344. Plenum publ. Corp. , New York .
- \*\*Blunden, G. and P. B. Wildgoose**, 1977. The effect of aqueous seaweed extract and kinetin on potato yields. *J. Sci. Food Agric.* 28 : 121 - 125.
- \*\*Booth, C. D.** 1964. *Growev.* Vol. 62, 442 .

- \*\*Booth, E.** 1965. Frost resistance and insect pests: Seaweed has two - way benefit. *The Grower* 6: 20 - 24 .
- \*\*Booth E.** 1969 . The manufacture and properties of liquid seaweed extracts. *Proc. Int. Seaweed Symp* 6 : 655 - 662 .
- \*\*Brain, K. R. , M. C. Chalopian, Turner, T. D. Blunden, G. and Wildgoose, P. B.** 1973. Cytokinin activity of commercial aqueous seaweed extract. *Pl. Sci. Lett.* I : 241 - 245 .
- \*\*Bruinsman, J.** 1982. Plant growth regulators in field crops. in : J. S. Mc Laren ( ed ), *chemical manipulation of crop growth and development*, pp. 3 - 11. Butterworth Scientific, London .
- \*\*Caiozzi, M. , P. Peirano, Rauch, E. and Zunino, H.** 1968. Effect of seaweed on the levels of variable phosphorus and nitrogen in a calcareous soil. *Agron. J.* 60 : 324 - 326 .
- \*\*Callejas, H. P.** 1988. Efecto del acolchado de suelos en 3 ambientes diferentes, y de acolchado con 2 sistemas de plantación en calabacita (Cucurbita pepo L.) cv. Tala (F). Tesis Licenciatura (UAAAN).
- \*\*Canales L. B.** 1997. *Las Algas en la Agricultura Orgánica*. Consejo Editorial del Estado. Primera edición, Coahuila México .
- \*\*CECSA,** 1983, *Manual de agricultura*. Preparado por el Departamento de Agricultura de Iowa State University. Octava impresión, Editorial CONTINENTAL, S. A.
- \*\*CIMMYT,** 1977, *Maíz de alta calidad proteínica*. CIMMYT - PURDUE - LIMUSA, Compendio de las ponencias presentadas en el simposium internacional. México .
- \*\*Cook, R. L.** 1983. The use of seaweed extract *Ascophyllum nodosum* for pregermination of anion sets, *Hort.* 457. Mich. State Univ. , East Lansing, Mich.
- \*\*Cronquist, A. :** 1977. *Introducción a la Botánica*. Cia. Editorial Continental. México, D. F.
- \*\*Daniel, M. C.** 1969, Relationships of seed weight, seedling vigour and mitochondrial metabolism in Barley. *Crop science.* 9 ( 6 ) : 823 - 827 U.S.A.
- \*\*Kent, J. D. W. y A. J. Amos.** 1956 *Química Moderna de los Cereales*. Ediciones Aguilar, Madrid .

**\*\*Díaz del P. A.** 1964. EL MAÍZ, Cosecha - Cultivo - Fertilización, Ed. Continental. Segunda edición, México, D. F.

**\*\*Driggers, B. F. and P. E. Maruchi,** 1964. Hort News. Rutgers Univ.

**\*\*Featonby - Smith, B. C.** 1982. Sci. Hort. (AMST) 20(2): 137.

**\*\*Featonby, B. C. and J. Van Staden,** 1983a. The effect of seaweed concentrate and fertilizer on the growth of **Beta vulgaris**. 2. Pflanzenphysiol. 112 : 155 - 162.

**\*\*Featonby, B. C. and J. Van Staden,** 1984a. The effect of seaweed concentrate and fertilizer on growth and the endogenous cytoquinina in **Phaseolus vulgaris** J. Bot. 3 : 375 - 379.

**\*\*Featonby - Smith, B. C. and J. Van Staden,** 1984b. Identification and seasonal variation of endogenous cytoquinins in *Ecklonia maxima* (Osbeck) papenf. Bot. Mar. 27 : 524 - 531.

**\*\*Featonby, B. C. y J. Van Staden,** 1987a. Effect of seaweed concentrate on yield and seed quality of **Arachis hypogaea**. S. Afr. J. Bot. 53 : 190 - 193.

**\*\*Finnie, J. F. y J. Van Staden,** 1985. The effect of seaweed concentrate and applied hormones on in vitro cultured tomato roots. J. PI. Physiol. 120 : 215 - 222

**\*\*Francki, R. I. B.** 1960a. Manurial value of seaweed. I. Effects of **Pachymenia himantophora** and **Durvilea antartica** meals on plant growth. PI & Soil 12 : 297 - 310 .

**\*\*Francki, R. I. B.** 1960b. Studies in manurial value of seaweeds, II. Effects of **Pachymenia himantophora** and **Durvilea antartica** on the immobilization of nitrogen. PI. & Soil 12 : 311 - 323 .

**\*\*García, R.** 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. México, 251 P.

**\*\*Garman, P.** 1967. Conn. Agric. Expt. Sta .

**\*\*Giller P. y P. Silvestre.** El cacahuate o maní. Editorial Blume, primera edición, 1970 .

**\*\*Hanson, H. , E. N. Boarlaug, y Anderson, G. P.** 1982. Trigo en el tercer mundo, CIMMYT. México D. F.

**\*\*Herrera A. , J. A.** ( 1995 ). Tesis profesional de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, México .

**\*\*Hussain, A. and Boney, A. D.** 1969. Isolation of kinetin - like substances from **Laminaria** and **Ascophyllum**. *New Phytol.* 72 : 403 - 410 .

**\*\*Jaques P. y M. CLEMENT - GRANDCOURT.** 1969 Los cereales, Ediciones Mundi - Prensa.

**\*\*Jennings, R. C.** 1969. Cytokinins as endogenous growth regulators in the algae **Ecklonia (Phaeophyta)** and **Hypnea (Rhodophyta)**. *Aust. J. biol. Sci.* 22 : 621 - 627 .

**\*\*Kent J. D. W. y A. J. Amos, 1956.** Química moderna de los cereales. Ediciones Aguilar, Madrid España.

**\*\*Khaleafa, A. F. ,** 1975. Antibiotic ( fungicidal ) action from extracts of some seaweed. *Botanica Marina* .

**\*\*Lynn, L. B.** 1972. The chelating properties of seaweed extract **Ascophyllum nodosum** vs. **Macrocystis pyrifera** on the mineral nutrition of sweet peppers, *Capsicum annum*. M. S. Thesis, Clemson University. *Adu. Soil Sci.* 2 : 133 - 171 .

**\*\*Manuales para educación agropecuaria,** 1981. Trigo, Cebada, Avena. Editorial Trillas, S. A. de C.V. , México, D. F.

**\*\*Marshall, W.** 1987. Biología de las algas, enfoque fisiológico. Editorial Limusa. México, D. F.

**\*\*Metting, B.** 1988. Microalgae and agriculture. In : M. A. Borowitzka (eds ), *Microalgal biotechnology*, pp. 288 - 303. Cambridge Univ. Press, Cambridge .

**\*\*Mooney, P. A. and J. Van Staden,** 1985. Effect of seaweed concentrate on the growth of wheat under conditons of water stress. *S. Afr. J. Sci.* 81 : 632 - 633 .

**\*\*Mooney, P. A. and J. Van Staden,** 1986. Algae and cytokinins. *J. Pl. Physiol.* 123 : 1 - 21 .

**\*\*Mowat, J. A.** 1964. Auxins and Gibellerins in marin algae. *Botánica Marina* 8 : 149 - 155 .

**\*\*Mungía, L. J. P.** 1985. El acolchado de suelos y la práctica del riego en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) var. Viroflay. Tesis de Licenciatura (UAAAN).

**\*\*Naito, K. , H. Tsuji, and Hatakeyama,** 1978. Effect of benzyladenine on DNA, RNA, protein, and chlorophyll contents in intact beans leaves: Differential responses to benzyladenine according to plant age. *Physiol. Pl.* 43 : 367 - 371.

- \*\*Nelson, W. R. y J. Van Staden, 1984a.** The effect of seaweed concentrate on wheat culms. *J. Pl. Physiol.* 115 : 433 - 437 .
- \*\*Nelson, W. R. and J. Van Staden, 1986.** Effect of seaweed concentrate on the growth of wheat. *S. Afr. J. Sci.* 82 : 199 - 200 .
- \*\*Offermans, C. N.** 1968. Effect of brown algae ( **Macrocystis** integrifolia ) in increasing iron availability of a calcareous soil. *Chem. Abstr.* 68 : 104 - 216 .
- \*\*Pelczar, M. J.** 1981. *Microbiología*. Editorial Mc. Graw - Hill. México .
- \*\*Piña, Q. R. C.** 1994 . Tesis profesional de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Saltillo, Coah. , México .
- \*\*Povlony, M.** 1969. Investigations on the effectiveness of seaweed extracts on yield and quality of pickling cucumbers. *Hort. Abstr.* 64 : 857 .
- \*\*Puente, A. , A. Alvarado, Moreno, R. y Ortega, E.** 1964, Fertilización del trigo en la Comarca Lagunera. *Agricultura Técnica en México.* II - 3 : 102 - 103 .
- \*\*Reyes R. D. M.** 1990. Efectos de Algas Marinas y Acidos Húmicos en un suelo Arcilloso y otro Arenoso. Tesis de Licenciatura (UAAAN).
- \*\*Reyes R. D. M.** 1993. Efectos de extractos de algas marinas en un suelo arcilloso y otro arenoso, así como su influencia en la lechuga. Tesis de Maestría ( UAAAN ).
- \*\*Rojas, G. M.** 1978. *Fisiología Vegetal Aplicada*, Ed. Mc GRAW-HILL, México, D.F.
- \*\*Senn, T. L. and B. J. Skelton,** 1968. The effect of norwegian seaweed ( **Ascophyllum nodosum** ) on the development and composition of certain horticultural crops. *S. C. Agri. Expt. Sta. Hort. Res. Series No. 23.* Clemson Univ. Clemson, S. C. , U.S.A.
- \*\*Senn, T. L. and A. R. Kingman,** 1977. Physiological responses on certain horticultural crops to application of meal and extracts of **Ascophyllum nodosum**. Ninth Internatinal Seaweed Symposium, Santa Bárbara, California, U. S. A.
- \*\*Senn, T. L. and A. R. Kingman,** 1978. Seaweed research in crop production. *Econ. Dev. Adm. , US Dep. Commer. , Washington,* 161 pp.
- \*\*Senn, T. L.** 1987. *Seaweed and plant growth.* Faith Printing Co. , Taylor, South Carolina, 166 pp.
- \*\*Stephenson, W. A.** 1968. *Seaweed in agriculture and horticulture.* Faber & Faber, London, 231p .

**\*\*Stephenson, W. A.** 1974. Seaweed in agriculture and horticulture. 3rd. edn. Bargyla and Glyver Rateaver, Pauma Valley, California, 241 pp.

**\*\*EL SURCO**, 1993. Edición Mexicana, Año 98. No 4.

**\*\*Van Staden, J. and C. Breen**, 1973. Cytokinins in freshwater algal cultures. PI. Sci. Lett. 1 : 325 - 330 .

**\*\*Warlther**, 1982. Introducción a la Microbiología. Editorial Continental. México, D. F.

**\*\*Werner Schuphan**, 1968. Calidad y valor nutritivo de los alimentos vegetales, Editorial Acriba. Zaragoza, España.

## **APENDICE**

**Cuadro 1 A.- Comportamiento de las medias de la variable de rendimiento total, en respuesta a la aplicación de Algaenzims®.**

| <b>Tratamiento</b> | <b>Rendimiento Total (ton/ha)</b> |
|--------------------|-----------------------------------|
| 500kBA             | 5.660 A                           |
| PCOL               | 4.933 AB                          |
| ASF                | 4.897 AB                          |
| AS                 | 4.466 ABC                         |
| 100kBA             | 4.280 BC                          |
| AF                 | 4.274 BC                          |
| Testigo            | 3.386 C                           |
| C.V. (%)           | 12.76                             |
| Significancia      | **                                |

ns = diferencias no significativas estadísticamente

\*\* = diferencias altamente significativas estadísticamente

**Nota:** Prueba de medias Tukey, números seguidos de distinta letra denotan diferencias significativas al nivel de significancia del 5%.

**Cuadro 2 A. Comportamiento promedio de las variables de vigor en trigo, en respuesta a la aplicación de Algaenzims®.**

| Trato    | Altura de Planta (cm) | Peso Seco de Raíz (Ton/ha) | Peso Seco de Paja (Ton/ha) | Peso Seco de Raíz y Paja (Ton/ha) | Número de Tallos / m <sup>2</sup> |
|----------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Testigo  | 91.8                  | 5.21                       | 18.647                     | 19.168                            | 214 C                             |
| AF       | 94.0                  | 5.93                       | 18.667                     | 19.250                            | 262 BC                            |
| AS       | 91.8                  | 6.01                       | 18.491                     | 19.092                            | 255 BC                            |
| ASF      | 90.0                  | 6.15                       | 18.280                     | 18.895                            | 281 AB                            |
| PCOL     | 90.0                  | 5.97                       | 17.500                     | 18.302                            | 268 B                             |
| 100kBA   | 90.5                  | 4.96                       | 17.875                     | 18.371                            | 261 BC                            |
| 500kBA   | 91.8                  | 6.35                       | 18.010                     | 18.644                            | 320 A                             |
| C.V. (%) | 3.01                  | 22.1                       | 12.27                      | 11.99                             | 7.84                              |
| Signif.  | ns                    | ns                         | ns                         | ns                                | **                                |

ns = diferencias no significativas estadísticamente

\*\* = diferencias altamente significativas estadísticamente

**Nota:** Tukey, números seguidos de distinta letra denotan diferencias significativas al nivel de significancia del 5%.

**Cuadro 3 A. Comportamiento de las medias de algunas características en la espiga de trigo, en respuesta a la aplicación de Alganezims®.**

| <b>Trato</b>   | <b>Longitud de la Espiga</b> | <b>N° de Espiguillas por Espiga</b> | <b>N° de Granos por Espiga</b> | <b>Peso del Grano de Diez Espigas</b> |
|----------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Testigo</b> | 11.70                        | 20.82                               | 53.07                          | 15.80                                 |
| <b>AF</b>      | 11.63                        | 20.52                               | 53.55                          | 16.50                                 |
| <b>AS</b>      | 11.48                        | 20.52                               | 55.90                          | 17.37                                 |
| <b>ASF</b>     | 11.57                        | 20.37                               | 54.07                          | 16.87                                 |
| <b>PCOL</b>    | 11.34                        | 20.45                               | 56.85                          | 18.37                                 |
| <b>100kBA</b>  | 11.74                        | 20.82                               | 52.87                          | 16.41                                 |
| <b>500kBA</b>  | 11.37                        | 20.85                               | 55.17                          | 17.62                                 |
| <b>C.V.</b>    | 3.45                         | 3.11                                | 3.45                           | 10.01                                 |
| <b>Signif.</b> | ns                           | ns                                  | ns                             | ns                                    |

En el cuadro 4 A. se presentan los resultados y su significancia de los contrastes ortogonales realizadas en las variables evaluadas.

**Cuadro 4 A. - Resultados de los contrastes ortogonales realizadas en las variables estudiadas, al .05 y .01.**

| Contraste | gl | Alt/planta   | Lon/esp.    | Es/Esp      | Gra/Esp      | P gran. 10 espigas. |
|-----------|----|--------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|
|           |    | C:M          | C:M         | C:M         | C.M          | CM                  |
| C1        | 1  | 0.595288 NS  | 0.109567 NS | 0.186667 NS | 9.476313 NS  | 6.604500 NS         |
| C2        | 1  | 8.533334 NS  | 0.157658 NS | 0.096333 NS | 21.420773 *  | 6.707139 NS         |
| C3        | 1  | 28.799999 NS | 0.026296 NS | 0.045124 NS | 2.926091 NS  | 1.019256 NS         |
| C4        | 1  | 3.000000 NS  | 0.020402 NS | 0.075210 NS | 10.360268 NS | 0.490053 NS         |
| C5        | 1  | 3.375000 NS  | 0.000604 NS | 0.570418 NS | 0.006667 NS  | 0.055105 NS         |
| C6        | 1  | 3.125000 NS  | 0.259344 NS | 0.001250 NS | 10.579993 NS | 2.916115 NS         |
| EE        | 18 | 7.587674 NS  | 0.158407    | 0.411404    | 3.522118     | 2.896322            |

| Pes. Raíz 1m <sup>2</sup> | Pes. Paja 1m <sup>2</sup> | No. Tallos 1m <sup>2</sup> |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| C:M                       | C.M                       | C.M                        |
| 157.590363 NS             | <b>8911.824219 NS</b>     | <b>12.549.428711**</b>     |
| 2.753070 NS               | 19487.085938 NS           | 202.800003 NS              |
| 1.533482 NS               | 8096.264648 NS            | 952.200012 NS              |
| 11.481718 NS              | 5702.862793 NS            | 3136.333252 *              |
| 59.132523 NS              | 3037.500000 NS            | 240.666672NS               |
| 388.201416 NS             | 364.500000 NS             | 6962.000000**              |
| 6223.859372               | 49914.667969 NS           | 434.666656                 |

