

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**"Efecto de los Extractos de Algas Marinas en la Calidad y Rendimiento  
en el Cultivo de Papa" (Solanum tuberosum L)**

**Enrique Talamás Handal**

**TESIS**

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

**Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

Aprobado

Asesor Principal

---

**Ing. M.C. Victor Manuel Reyes Salas.**

Primer Sinodal

Segundo Sinodal

---

**Ing. M.C. Francisco Váldez O.**

---

**Ing. Benito Canales L.**

Coordinador de la División de Agronomía

---

**Ing. M.C. Mariano Flores Dávila**

## **Agradecimientos**

A Dios Nuestro Señor por estar siempre conmigo y darme la oportunidad de alcanzar mis metas y la fuerza para poder llegar a disfrutar estos momentos tan maravillosos como éste que estoy viviendo.

Al M.C Victor Reyes S. M.C Francisco Valdéz Oyervidez y al Ing. Benito Canales López, por sus aportaciones y revisiones en la presente tesis. Por ser parte del H. jurado examinador.

Al Ing. Benito Canales López por sus consejos, además de compartir sus experiencias y conocimientos.

A mis maestros y compañeros por ser parte de mi formación.

A la Familia Reyes Soto por ofrecerme su apoyo durante mi carrera.

A mi Alma Terra Mater con profundo respeto y admiración a tal Universidad que hace tan noble labor de formar profesionales.

# Dedicatoria

A Dios por haberme dado la oportunidad de tener una formación profesional.

A mi madre, Elena Handal de Talamás por tu grandísimo amor y oraciones que estuvieron siempre conmigo, por ser esa bella flor que se fecundó y me dió la vida. Gracias Mamá, te quiero mucho y nunca te olvidaré.

A la Sra. Emilia Tafich de Talamás con profundo cariño y respeto te doy gracias por la confianza que me brindaste para terminar mi carrera profesional y por inculcarme la responsabilidad ante los compromisos adquiridos. A ti Chacha te estaré siempre agradecido por ser una buena esposa con mi padre.

A mi padre Enrique Talamás Talamás con amor, admiración y respeto, por tu esfuerzo y apoyo, tus consejos y el ejemplo de siempre salir adelante sin importar lo difícil de la situación. Viejo tu ejemplo es la mejor herencia que puedo recibir de ti.

A mi hermano Emilio Talamás Handal con cariño y gratitud por la constante motivación y apoyo para seguir adelante y por la unión que hiciste entre nosotros.

A mi hermano Jorge Enrique Talamás Tafich por tu inmensa alegría que siempre me has ofrecido y por la unión que hiciste entre nosotros.

A mi preciosísima novia Lizzy Peña Aguirre por tu gran apoyo y confianza que siempre depositaste en mi. Te Quiero Mucho.

A mis amigos Victor Vázquez Gómez Aceves (Clictor), Juan Carlos Hermida (Coño), Arturo Carranza Canales (Chambitas), Victor Blanco Canales (Talegon), Roberto Salinas Aguas (Güicho), Leonardo Lucero Magaña (Tato). Por estar siempre conmigo y entregarme lo mejor de ustedes; gracias por brindarme su amistad desinteresadamente. Nunca los olvidare.

A mi vecino José Antonio Téllez Galicia por su ayuda incondicional en la elaboración de la presente tesis.

A mis compadres Héctor Reyes, Gabriel Jiménez por su eterna amistad y confianza que han depositado en mi persona para salir adelante.

A mis tios y primos por apoyarme siempre y ser una parte muy importante de mi familia.

## **INDICE GENERAL**

Páginas.

<b>I</b>	<b>Introducción</b> .....	1
1.1	Objetivos.....	4
1.1.1	Objetivo General.....	4
1.1.2	Objetivo Particular.....	4
1.2	Hipótesis.....	4
<b>II</b>	<b>Revisión Bibliográfica</b> .....	5
2.1	Generalidades de las algas.....	5
2.1.1	Importancia.....	5
2.1.2	Clasificación de las algas.....	6
2.1.3	Características de las algas phaeophytas.....	8
2.1.4	Composición química de <u>Sargassum acinarium L</u> .....	9
2.1.5	Micronutrientes Quelatados.....	10
2.1.6	Las cianofitas.....	12
2.2	Efectos de los extractos de algas marinas en la agricultura.....	13
2.2.1	Las algas y sus efectos en los cultivos.....	13
2.2.2	Los extractos de algas marinas y los reguladores de crecimiento .....	17
2.2.3	Las algas y el estrés en las plantas.....	19
2.3	Efectos nutrimentales y hormonales en el cultivo de papa.....	22
2.3.1	Generalidades.....	22

Páginas.

2.3.2	Nutrientes esenciales para las plantas de papas.....	25
-------	--	----

2.3.3 Evidencias de sustancias formadoras del tubérculo.....	33
<b>III Materiales y Métodos.....</b>	<b>36</b>
3.1 Localización del área de estudio.....	36
3.2 Características edafoclimáticas del medio.....	36
3.3 Material vegetativo.....	38
3.4 Material químico.....	38
3.5 Metodología de siembra.....	39
3.6 Unidad experimental.....	40
3.7 Tratamientos y dosis.....	41
3.7.1 Conducción del experimento.....	41
3.8 Parametros a evaluar.....	42
3.9 Diseño experimental.....	42
<b>IV Resultados y discusión.....</b>	<b>43</b>
4.1 Rendimiento.....	43
4.2 Calidad.....	46
4.2.1 Calidad primera.....	46
4.2.2 Calidad segunda.....	48
4.2.3 Calidad tercera.....	53
4.2.4 Calidad cuarta.....	56
4.2.5 Calidad mono.....	59

Páginas.

<b>V Conclusiones</b> .....	62
5.1 Rendimiento.....	62
5.2 Calidad.....	62
<b>VI Recomendaciones</b> .....	63
<b>VII Bibliografía</b> .....	65
<b>VIII Apendice</b> .....	70

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Comportamiento del rendimiento del cultivo de papa de la	

de la variedad alpha por efecto de los tratamientos a base de los extractos de algas marinas.....	45
2 Comportamiento de la calidad primera del cultivo de papa por efecto de los tratamientos a base de los extractos de algas marinas.....	49
3 Comportamiento de la calidad segunda del cultivo de papa por efecto de los tratamientos a base de los extractos de algas marinas.....	52
4 Comportamiento de la calidad tercera del cultivo de papa por efecto de los tratamientos a base de los extractos de algas marinas.....	55
5 Comportamiento de la calidad cuarta del cultivo de papa por efecto de los tratamientos a base de los extractos de algas marinas.....	58
6 Comportamiento de la calidad mono del cultivo de papa por efecto de los tratamientos a base de los extractos de algas marinas.....	61

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Comportamiento del rendimiento del cultivo de papa de	



la variedad alpha por efecto de los tratamientos a base de los extractos de algas marinas.....	44
2 Comportamiento de la calidad primera de cultivo de papa por efecto de los tratamientos de extractos de algas marinas.....	47
3 Comportamiento de la calidad segunda de cultivo de papa por efecto de los tratamientos de extractos de algas marinas.....	50
4 Comportamiento de la calidad tercera de cultivo de papa por efecto de los tratamientos de extractos de algas marinas.....	54
5 Comportamiento de la calidad cuarta de cultivo de papa por efecto de los tratamientos de extractos de algas marinas.....	57
6 Comportamiento de la calidad primera de cultivo de papa por efecto de los tratamientos de extractos de algas marinas.....	60

**“PARA HACER PRODUCIR ES  
NECESARIO SALIR DE LAS  
OFICINAS, INTERNARSE EN EL CAMPO,  
ENSUCIARSE LAS MANOS Y SUDAR...”  
PORQUE ESTE “ES EL ÚNICO  
LENGUAJE QUE ENTIENDEN EL SUELO Y  
LAS PLANTAS”**

Dr. Norman E. Borlaug

### ***I INTRODUCCIÓN.***

En la zona papera de Navidad, Nuevo León y Sierra de Arteaga Coahuila, se tienen condiciones edafoclimáticas adecuadas para este cultivo, lo anterior aunado a una actitud empresarial de los productores regionales

quienes también emplean tecnología de punta han logrado obtener los más altos rendimientos unitarios de papa en el país.

La producción de papa en el sureste de Coahuila y Nuevo León, constituyen el renglón económico principal, ya que la alta rentabilidad reportada hasta el ciclo P-V94, provocó que la superficie sembrada se incrementara significativamente. Sin embargo en el ciclo P-V95, la superficie de siembra se redujo debido a los altos costos de producción y a la falta de liquidez de los productores a causa de la crisis económica iniciada en diciembre de 1994.

Uno de los principales renglones de la alza de los precios, es el incremento de los combustibles que se utilizan como fuente de energía para elaborar el amoniaco, materia prima de los fertilizantes nitrogenados.

Datos de PEMEX (Petroleos mexicanos) indican que los precios de amoniaco pasaron de \$ 200.00 por tonelada en 1992 a \$ 400.00 en 1994 y en enero de 1995 llegaron a \$ 900.00 por tonelada, siendo la producción total de 2.7 millones de toneladas de las cuales se exportan de 300 a 500 mil toneladas.

De lo anterior se desprende que el consumo nacional de amoniaco es de 2.3 millones de toneladas con una inversión por parte de los agricultores para adquirirlos, hasta febrero de este año 1995 es de \$ 2070 millones osea 2.3 millones de toneladas x \$ 900.00.

Por esta razón se deben buscar nuevas alternativas de productos que sustituyan a los fertilizantes comunes.

La utilización de las algas como fertilizante viene desde la antigüedad. Con el desarrollo de los fertilizantes químicos a finales de siglo pasado, este tipo de fertilizantes comenzó a decrecer en popularidad.

En años recientes, cuando fueron cuestionados los efectos adversos para el medio ambiente por la aplicación de muchos químicos, se volvieron a considerar los fertilizantes o suplementos de fertilizantes de origen natural.

Los extractos de algas se usan para incrementar la producción de frutas, legumbres, papas, flores y para prolongar la vida de anaquel de los mismos, así como también, para dar resistencia a los cultivos contra insectos y enfermedades.

El uso de las algas marinas en combinación con fertilizantes es una forma de mejorar los suelos, desde los años sesenta, esta práctica ya se conocía pero es hasta 1990 cuando se empieza a utilizar de manera comercial.

Por esta razón el uso de las algas ha estado enfocado hace años como una fuente de elementos nutrimentales tanto para las plantas como para los animales; hoy en día el enfoque es diferente, pues se ha comprobado a través de una serie de estudios el uso de que estos productos tienen una influencia directa sobre el desarrollo de los cultivos y de las propiedades fisicoquímicas y biológicas de suelo.

El reto real de la ciencia en el estudio de las plantas es: el impacto que se tiene en la calidad de nuestra ecología al producir nuestros alimentos. Un reporte reciente nos hace ver que, de todos los problemas tóxicos asociados

con los sistemas naturales, casi la mitad fueron causados por contaminación agrícola.

La única alternativa es moverse hacia adelante tan rápido como sea posible, para aumentar nuestro conocimiento básico de la ciencia de las plantas el cual nos lleve a evitar el incremento de los problemas ecológicos.

## ***1.1 OBJETIVOS***

### **1.1.1 Objetivo general.**

- Evaluar la influencia de los extractos de algas marinas en ciertos componentes de rendimiento y calidad en el cultivo de papa Solanum tuberosum L (variedad alpha).

### **1.1.2 Objetivo específico.**

- Analizar la respuesta de diferentes tratamientos de extractos de algas marinas a nivel suelo, foliar y suelo mas foliar, en términos de calidad y componentes de rendimiento de papa.

### **1.2 HIPÓTESIS.**

La aplicación de extractos de algas marinas a nivel suelo, foliar y suelo más foliar, influirán en los procesos fisiológicos del cultivo de papa, obteniendo diferencia en el rendimiento y calidad del tubérculo.

## ***II REVISIÓN BIBLIOGRAFICA***

### **2.1 Generalidades de las algas.**

#### **2.1.1 Importancia.**

Las algas marinas, sin duda, preceden al hombre por un considerable período de tiempo. El hombre ha estado utilizando las algas marinas como alimento y para el crecimiento de las plantas desde los inicios de la historia. Los primeros hombres, quizá, se preocupaban menos del por qué las algas

marinas influían en el crecimiento de las plantas. Las encontró, las utilizó, y era feliz.

A pesar de que la mayor parte de las algas viven en los lagos, ríos y océanos, también se les encuentra en abundancia en la capa superficial de los suelos húmedos y aún en los desiertos. 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 verdes en los depósitos de agua, contribuyen a formar la capa resbalosa de las piedras que están al margen de los arroyos, también se encuentran presentes en el suelo las cuales mejoran las propiedades físicas del mismo al añadir materia orgánica.

Las algas son utilizadas por el hombre de muchas maneras, para la obtención del agar, como alimento para el hombre y se ha utilizado como fertilizante en suelos agrícolas.

Hay numerosos reportes que indican que los extractos de algas marinas pueden incrementar las cosechas. La razón por la cual los extractos de algas marinas son benéficos para el crecimiento de las plantas todavía no se entiende bien. Esto no es muy difícil que lo aprecie cualquier persona que trabaje con las plantas y sepa que “la naturaleza revela sus secretos de mala gana”.

### **2.1.2 Clasificación de las algas.**

Quizá no sea sorprendente que la clasificación y relaciones evolutivas de un grupo tan diverso de organismos haya sido y continúe siendo un tema

de gran discusión. Los primeros intentos por distinguir grupos separados de las algas se basaban en la pigmentación, cuya importancia todavía se reconoce cuando se habla de grupos como las algas verdes o pardas. Hoy día, se consideran también las siguientes características importantes para definir los principales grupos de algas: presencia o ausencia de flajelos; características de los flajelos (número, longitud, punto de inserción, presencia o ausencia de pelos o escamas); composición de la pared celular; y tipo del producto fotosintético almacenado.

Conforme se observan más y más algas en el microscopio electrónico cada vez resulta más evidente que las características ultraestructurales, especialmente los detalles de la estructura del cloroplasto, son características taxonómicas muy útiles.

Pelczar en (1984), menciona que para elaborar una 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 composición química y características físicas.
- e) Historia biológica: (la serie completa de cambios en un organismo) y reproducción.

Para la agricultura, la mayoría de los productos comerciales provienen de las algas pardas las cuales, se cosechan en aguas templadas. Las especies mas comúnmente utilizadas son: Ascophyllum nodosum, Ecklonia maxima y



Focus vesiculosus, la Laminaria y el Sargassum, son menos usadas. Aunque todas estas pertenecen a las PHAEOPHYCEAE (Mooney y Van Staden, 1985).

Taze, citado por canales (1987), menciona que las algas pardas tienen la siguiente clasificación botánica:

División	Phaeophyta.
Clase	Cyclospora.
Familia	Phaeophyceae.
Género	<b><u>Sargassum</u></b> .
Especie	<b><u>acinarium Linnaeus</u></b> .
Nombre común	Algas pardas.

### **2.1.3 Características de las algas phaeophytas.**

Son algas pardas pluricelulares que pueden crecer más de 15 metros de longitud, presenta bulbillos que se llenan de aire, los cuales les permiten flotar en la superficie del agua. Ocupan miles de millas cuadradas al Este de Florida y las Indias Occidentales (Warlther, 1982).

El género **Sargassum** tiene la más compleja estructura morfológica ya que éstas poseen ramas cilíndricas o aplanadas y también tienen ramas laterales de tres tipos; con un crecimiento exterior con hojas, predominantes vejigas y varios receptáculos cilíndricos ramificados. Estas algas crecen adheridas a plantas y se encuentran en las costas de los mares cálidos (Boney, 1966 y Marshall, 1978).

Se reproducen asexualmente, lo que implica que producen esporas unicelulares, muchas esporas asexuales de las algas acuáticas poseen flajelos y son móviles, las esporas no móviles llamadas aplanasporas, son algas terrestres (Pelczar, 1984 y Marshall, 1978).

#### **2.1.4 Composición química de Sargassum acinarium L.**

La composición química de las algas se determina principalmente por las condiciones en las que crecen. La temperatura del agua y la cantidad de luz solar determina en gran parte a una alga en particular la cual crecerá en cierta área.

La alga café crece más prolíficamente en aguas templadas y la alga roja crece mejor en aguas tibias. La cantidad de luz disponible influye en la profundidad en la que algunas algas crecen. La zona del litoral marino cubre el espacio entre la marea alta y la marea baja. Las algas que crecen en esta zona dependen del sol y el aire, y pueden estar completamente sumergidas en períodos alternados.

Estas algas marinas contiene todos los elementos mayores y menores, así como carbohidratos que pueden actuar como agentes quelatantes como son: ácidos algínicos, laminaria y manitol; también contienen un alto rango de aminoácidos y vitaminas que pueden ser utilizadas por las plantas (Stephenson, 1974 y Senn, 1987).

#### **Composición Química de Sargassum acinarium L.**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>CONCENTRACIÓN (ppm)</b>
NITRÓGENO	534.0
FÓSFORO	7.2
POTASIO	480.0
CALCIO	2.7
MAGNESIO	310.0
MANGANESO	12.0
HIERRO	2.9
SILICE	8.0
ALUMINIO	3.2
COBRE	10.0
MOLIBDENO	3.0
COBALTO	0.4

Fuentes Canales, 1993.

### **2.1.5 Micronutrientes Quelatados.**

La palabra quelato es derivada de una palabra griega que quiere decir pinza. La palabra griega ciertamente encaja por que los quelatos son grandes estructuradas de química orgánica que encierran y retienen estrechamente los micronutrientes: fierro, manganeso, zinc y cobre.

La alta solubilidad de micronutrientes quelatados los hace muy deseables para quienes formulan fertilizantes. Es sabido por muchos años que en forma natural ocurre la quelatación en los cationes micronutrientes que existen en el suelo.

También es sabido que ciertas proteínas, aminoácidos, flavonoides, ácidos orgánicos y purinas presentes en la materia orgánica son capaces de quelatar micronutrientes.

Las algas son fuente de micronutrientes, como el hierro y como compuestos quelatantes como el manitol. Las cantidades de micronutrientes que requieren las plantas naturalmente variarán algo según las plantas de las que se trate, y los requerimientos de micronutrientes obviamente variarán de acuerdo a qué tanto es levantado el cultivo y qué tantos micronutrientes son reciclados.

Cuando los extractos de algas son usados en la dosis y tiempo requerido, abastecerá las cantidades de fierro, zinc, cobre, molibdeno, cobalto, boro, magnesio y manganeso que requieren la mayoría de los cultivos.

Los extractos de algas que contienen componentes quelatantes hacen disponible para las plantas algunos micronutrientes ya existentes en el suelo (antes no disponibles a causa de su solubilidad). Aunque hay muchos azúcares en las algas que podrían ser quelatantes, el principal es el manitol.

Los elementos Quelatados pueden ser aplicados foliarmente o al suelo. Los micronutrientes en las algas están en forma queletada, que además contienen manitol, que ayuda en una quelatación adicional.

### **2.1.6 Las Cianofitas.**

Antecedentes:

Las leguminosas fijan el nitrógeno del aire vía *Rhizobium*, bacterias con las que viven en simbiosis.

Las micorrizas que en simbiosis viven con los pinos y otros árboles de los bosques, también fijan el nitrógeno del aire.

Las cianofitas son algas unicelulares azul-verde fijadores de nitrógeno del aire, pueden tener tonalidades de color: negro, amarillo, rojo y púrpura.

Por siglos, en China y Vietnam, han fertilizado los arrozales aportando, en el agua de riego *Azolla-Anabaena azollae* o, cianofitas tal cual no simbióticas de vida libre, prácticas denominadas: biofertilización y

algilización, respectivamente, que últimamente son objeto de mucha investigación.

El *Azolla* es una cianofita; el helecho y la cianofita, viven en simbiosis. I. J. Crouch and van Staden (1992); Blaine Metting (1988). El arroz se beneficia tomando el nitrógeno del suelo y/o del agua donde es depositado por el *Azolla-Anabaena azollae* o por la cianofita; es decir, no la toma directamente como las leguminosas-*Rhizobium*.

La recomendación de aportación de *azolla* fresca/ha. Es desde 300 a 500 kg. hasta de 2 a 5 tons/ha; Sing 1979, Watanabe (1982).

Se estima que las cianofitas como técnica de biofertilización pueden excretar de 20 a 30 kg/ha de nitrógeno, cultivos sucesivos de *azolla* pueden liberar arriba de 100 kg/ha de nitrógeno, que es un requerimiento suficiente para obtener un buen rendimiento de arroz, Watanabe y Berja (1983), Kikuchi et al (1984). Pruebas de campo han demostrado que el uso de *azolla* ha incrementado el rendimiento de arroz de 0.4 a 1.5 tons/ha. Comparado con el

testigo y se han superado rendimientos de las 5.6 tons/ha. Kikuchi et al (1984).

En la tecnología de algilización, mezclas masivas de cultivos de cianofitas: Anabaena, Aulosira, Nostoc, Prectonema y Tolypothrix, secas, se aportan a los arrozales de 8 a 10 kg/ha, Venkataramen (1972).

## **2.2. Efectos de los extractos de algas marinas en la agricultura.**

### **2.2.1 Las algas y sus efectos en los cultivos.**

Son muchas y diferentes las respuestas de las plantas al tratarlas con extractos de algas, que incluye: altos rendimientos, incremento en la asignación de nutrientes cambios en la composición de sus tejidos, mayor resistencia a las heladas, a enfermedades fungosas de hongos y al ataque de insectos; prolonga la vida de anaquel de los frutos y mejora la germinación de las semillas.

Se supone que estos numerosos beneficios que aportan los extractos de algas, se debe a las propiedades quelatantes de ciertos componentes (Lynn, 1972), por una alto aprovechamiento de los elementos mayores y menores por parte de las plantas (Ofermans, 1968; Senn y Kingman, 1987) o, por la presencia de sustancias que activan el crecimiento de las plantas.

- Senn y Kingman encontraron que soluciones preparadas de polvo deshidratado del alga noruega **ASCOPHYLLUM nodosum**, cuando fueron asperjadas al follaje de varios cultivos hortícolas, resultaron respuestas fisiológicas que excedían a aquéllas que podrían ser explicadas por el análisis químico de las algas. Las pruebas de invernadero con crisantemos tratados con varias concentraciones de harina de **ASCOPHYLLUM nodosum**, provocaron un mejoramiento significativo en la calidad de esas flores.

De aplicaciones asperjadas en parras, resultó un significativo incremento de los sólidos solubles en las uvas comparado con el asperjado con agua. Cultivos de tomate y soya que recibieron aspersiones semanales de extractos de **ASCOPHYLLUM nodosum**, tuvieron un significativo incremento sobre el testigo, de sólidos valiosos en los tomates y proteínas en la soya. Datos preliminares en ciertos cultivos hortícolas que recibieron aspersiones de extractos de **ASCOPHYLLUM nodosum**, muestran que, se hace reducir la aplicación de fertilizantes sin disminuir la cantidad y calidad de la cosecha.

- Falgout encontró que no había diferencias significativas con el testigo en cuanto a rendimiento y calidad, en caña de azúcar, soya y otros cultivos, cuando fueron asperjados con extracto de alga **Sargassum sp**; el investigador consideró que si se hubiera asperjado más temprano en esa estación podría haber causado más actividad en esos cultivos tratados.

- Franki (1960), trabajando con tomate reportó que los extractos de algas liberan los minerales no dispensables del suelo por lo que, la planta incrementó la asimilación de nutrimentos.

- Lynn (1972), estudiando el desarrollo de plantas de chile en sustrato de arena demostró el efecto quelatante de extractos de algas Norwegian.

- Koo (1991), reporta que en árboles jóvenes de tangerina y naranja valenciana injertados en Citrange carrizo y limón respectivamente, se les aplicaron extractos de algas marinas (BM-86 y BZ-63 productos

comerciales), vía foliar en tres períodos; la primera aplicación fue antes de la floración, la segunda 40 días después de la aplicación de aceite que se da en verano, y la tercera se realizó junto con el aceite pero hasta el segundo verano. El rendimiento por árbol fue más alto tanto en el segundo como en el tercer año en los árboles que se asperjaron extractos de algas, el color de la cáscara fue más intenso, el contenido de azúcar se incrementó. La concentración de nutrientes de la hoja y la calidad de jugo no fue afectado.

- Acosta (1990), reporta que en plantas de trigo y cebada al aplicar extractos de Sargassum en el suelo se incrementó el 20%, de proteínas en el grano de trigo (12% a 14%), y de 50% en el grano de cebada (12% a 18%). Estos incrementos difícilmente se obtienen arriba de 0.5% cada vez que se realizan investigaciones genéticas.

- Jen (1972), concluyó que las ventajas de los extractos de algas, es que provoca cambios fisiológicos en la estructura interna de las células de las plantas. Estos cambios se deben a las altas concentraciones de micronutrientes que contienen los extractos de algas.



- González (1993). En Navojoa, Sonora, realizaron un experimento, en el cual aplicaron extractos de algas en plantas de cártamo de la variedad San Ignacio. Los extractos se aplicaron en dos ocasiones, la primera se efectuó en el momento de la siembra y la segunda se realizó cuando aparecieron los primeros botones foliares. El rendimiento fue de 5 tons/ha lo que incrementó un 40% más en relación a las 3.5 tons/ha que se producen en la región.

- Fox (1961), encontró un incremento en el peso fresco y seco de raíces de Geranio con concentraciones de algas 1: 100 (una parte algas marinas por 100 partes de agua), se aplicaron tres veces en el período de crecimiento.

### **2.2.2 Los extractos de algas marinas y los reguladores de crecimiento.**

El crecimiento y desarrollo de las plantas están regulados por compuestos químicos producidos por la misma planta, los cuales son llamados hormonas. Las hormonas son sustancias que naturalmente ocurren en las plantas, incluyendo las auxinas, giberelinas y citoquininas. Las auxinas y giberelinas son compuestos que promueven el agrandamiento y enlongación de las células.

Las citoquininas promueven la división y formación de la membrana de las células en las plantas. Hay otros muchos efectos fisiológicos de las citoquininas en la actividad de las plantas.

Las algas contienen reguladores de crecimiento, los cuales son colectivamente llamados citoquininas, conocimiento que está soportado por

investigaciones usando bioensayos y análisis químicos además de análisis cromatográficos de gases.

Los reguladores de crecimiento de las plantas que los investigadores han mostrado que existen en las algas, incluyen: auxinas, giberelinas y citoquininas (adenina, purina, quinetinas y zeatinas). Probablemente los más importantes de esos reguladores de crecimiento sean las citoquininas. Se ha hecho más investigación con estos reguladores que con otros.

- En una prueba llevada a cabo en 1974 con una aplicación foliar de un extracto líquido de algas de mar, que tienen actividad conocida de citoquininas, se incrementó significativamente el rendimiento en las cosechas de papas de variedad King Eduard. También una aplicación de citoquininas, quinitina sintética, produjo un incremento significativo en la cosecha de papas de las variedades King Eduard y Pentland Dell. Hubo una estrecha correlación entre los resultados de quinetina y extractos de algas que tienen equivalente actividad de citoquininas, lo cual, sugiere que el efecto de extractos de algas fue debido a su contenido de citoquininas. Una prueba complementaria aplicando extractos de algas realizada en 1975 con la variedad King Eduard otra vez se obtuvo un incremento significativo en la cosecha, el incremento fue en papas de mayor calidad comercial.

- Pedersen (1973), detectó citoquininas en las algas marinas Fucus Ascophyllum Sargassum.

La mayoría de las plantas responden a la aplicación de los extractos de algas y se cree que se debe principalmente a las citoquininas, las cuales tienen

influencia en la división celular; esto se fundamenta, en que se han destacado funciones semejantes a las citoquininas sintéticas. (Bentley, 1968).

- Finne (1985), demostró que el aplicar extractos de algas a raíces de tomate, estimularon el crecimiento y desarrollo lateral de sus raíces, efecto parecido a la que provoca la Zeatina.

- Devey, (1978). Aplicando concentrados de algas en plantas de frijol, encontraron que las semillas de las plantas tratadas fueron significativamente más grandes, con niveles altos de citoquininas; igualmente, hubo un incremento en la traslocación de citoquininas de las raíces y de los brotes hacia las semillas, lo cual hubo una mayor producción de esta hormona en las semillas.

- Van Staden, (1973). La germinación de las semillas y el rompimiento de la dormancia de los órganos de las plantas, son otros de los efectos que causan los extractos de algas. Estos mismos efectos se han encontrado con el uso de giberelinas y citoquininas.

### **2.2.3 Las algas y el estrés en las plantas.**

Es muy difícil definir el estrés de las plantas en términos simples de todos los días. Los agricultores conocen bien la influencia que en el crecimiento y desarrollo de las plantas tienen los cambios que se producen en el medio ambiente.

Levitt (1980), estableció que “los biólogos han adoptado el término estrés para cualquier efecto no favorable del medio ambiente que afecta los organismos vivos y resistencia al estrés como la habilidad de la planta a sobrevivir el factor no favorable y aún, crecer en su presencia”.

### **El estrés del medio ambiente.**

El hombre ha estado muy interesado en comprender los límites del medio ambiente dentro de los cuales puede existir vida en la tierra. Así como también el mecanismo mediante el cual las plantas establecen esos límites y de cómo esos mecanismos puedan ser rotos bajo el estrés causado por los extremos del medio ambiente.

Hay varias situaciones en las que los estrés extremos determinan el rendimiento de los cultivos.

**Sequía** - El agua es uno de los más importantes factores del medio ambiente desde el punto de vista de la fisiología de las plantas. En años recientes, debido a los avances importantes en la física y la química del agua, se ha encontrado un mejor conocimiento de los factores del estrés en el crecimiento de las plantas. Las aplicaciones de extractos de algas al inicio de la sequía, ayuda a las plantas a vivir durante todo el periodo.

**Altas temperaturas** - Las altas temperaturas, típicamente acompañan a las sequía y son un importante factor de estrés en las plantas.

Se estima que las altas temperaturas y las condiciones de sequía tienen un efecto directo en la caída de los sistemas enzimáticos de las plantas. Las investigaciones han mostrado que las aplicaciones de extractos de algas ayudan a las plantas durante este tipo de estrés. Las razones no se entienden claramente, pero pueden ser atribuidas a los micronutrientes y reguladores de las plantas (citoquininas) que son aportadas por las algas.

Los científicos de los Newton Research Laboratories in Australia, reportaron que los extractos de algas incrementaron la resistencia de la sequía de las plantas bajo ese estrés. Encontraron que reduciendo la tasa de transpiración, la planta pierde menos humedad bajo condiciones de sequía, resultando un daño menor al estrés provocado por la falta de agua. Los extractos de algas evidentemente ayudan a hacer cambios en el metabolismo, permitiendo con eso que las raíces accedan a niveles extremadamente bajos de humedad, lo cual no sucede cuando hay sequía.

### **Floración.**

La floración es un término que representa un amplio espectro de cambios en la fisiología, forma y estructura de la planta. El primer evento es el más crítico y es el cambio de yema floral a flor. En este cambio bioquímico tiene lugar la alteración de la estructura de la planta.

El segundo cambio mayor o periodo de estrés, ocurre cuando la planta está cambiando del periodo vegetativo a periodo reproductivo.

Antes de la floración es un momento ideal hacer aplicaciones foliares de extractos de algas, el cual aporta a la planta micronutrientes y reguladores de crecimiento disponibles de inmediato que son vitales para que tanto la parte hembra como la parte macho de las flores, esten vigorosas.

### **Respuesta de las plantas al estrés.**

La respuesta de las plantas al estrés es altamente compleja. Podría incluir enzimas específicas. También hay otros muchos factores de estrés que no han sido cubiertos el grado de transpiración (pérdida de agua) puede tener una importante presencia en el estrés de las plantas.

En el estudio de cómo las plantas se recuperan de los periodos de estrés mucho queda por investigar.

## **2.3 Efectos nutrimentales y hormonales en el cultivo de papa.**

### **2.3.1 Generalidades.**

Para una eficiente fertilización en el cultivo de la papa se deben considerar los siguientes aspectos:

1.- El principal objetivo del cultivo de la papa es la obtención de una producción alta y de una calidad acorde a los estándares del mercado (consumo fresco o consumo industrial)

2.- La papa pertenece a las especies vegetales descritas como de “Acumulación”, esto implica que su principal función fisiológica es almacenar o acumular gran cantidad de nutrientes en los órganos de almacenamiento (tubérculos).

3.- Los principales elementos que acumula la papa son los carbohidratos, específicamente el almidón. El almidón es producido diariamente en las hojas de la papa, a través de la fotosíntesis. Y al iniciarse la tuberización y el desarrollo de los tubérculos, su ritmo de producción se incrementa significativamente.

4.- Desde los centros de producción (las hojas), el almidón va siendo movilizado hacia los tubérculos, donde finalmente se almacenan formando la reserva que la planta ha constituido.

5.- La fase de desarrollo de los tubérculos dura en promedio 40 días, y se le conoce como “fase crítica” ya que el momento en que se define y se completa el rendimiento del cultivo. En esta fecha la papa debe tener disponibles dentro de la planta todos los nutrimentos, tener un alto abastecimiento de agua y un total control fitosanitario.

6.- El principal elemento responsable de la movilización del almidón desde las hojas al tubérculo es el potasio, de tal forma que un alto contenido de potasio en las plantas es decisivo para obtener altos rendimientos y alta calidad en la producción. Existe una relación casi directa entre fertilización potásica y el rendimiento en la papa.

**¿Cuándo aplicar los fertilizantes?**

La papa en su ciclo de crecimiento pasa por varias etapas de desarrollo: plántula; desarrollo, crecimiento vegetativo, tuberización, desarrollo de tubérculos, madurez fisiológica; y madurez de cosecha. Cada uno de estos estados es diferente desde el punto de vista de requerimientos de nutrientes.

**Establecimiento de Plántulas:** Está orientado a producir un buen sistema radical y un desarrollo aéreo inicial, se requiere un alto aporte de fósforo y dosis iniciales de nitrógeno y potasio.

**Desarrollo y crecimiento vegetativo:** Ocurre principalmente durante los primeros 45 a 50 días. El crecimiento es rápido para establecer un buen desarrollo foliar y una total cobertura del suelo. El requerimiento de nitrógeno es alto durante este período posterior a los 60 días, prácticamente hay muy poca acumulación de materia seca en las raíces o en la parte aérea.

**Tuberización y desarrollo de tubérculos:** Dependiendo de la variedad y de las condiciones ambientales y de manejo, la tuberización se inicia en promedio a los 35 a 50 días después de la emergencia del cultivo y se prolonga en promedio por 40 días. Esta etapa se caracteriza por una alta acumulación de carbohidratos en los tubérculos en un corto período de tiempo; es llamada la “fase crítica” de la papa, ya que es fundamental en la determinación del rendimiento y la calidad del producto.

La demanda de potasio es alta en esta etapa y este nutriente debe estar disponible, en cantidades suficientes, para que se produzca una alta movilización de los azúcares desde las hojas hasta lo tubérculos.



**Madurez fisiológica y de cosecha:** Terminando el período de mayor acumulación de materia seca en el tubérculo, la madurez de cosecha se logra después de 80 días en clima templado y después de 110 días en climas más fríos.

### **2.3.2 Nutrientes esenciales para las plantas de papas.**

La falta de un adecuado balance nutricional que considere al suelo, al agua y los agroquímicos aplicados a las plantas de papa pueden generar problemas de deficiencias y excesos de los nutrientes esenciales, lo que produce, rendimientos reducidos, pobre calidad de tubérculos cosechados, mayor susceptibilidad al ataque de patógenos y plagas y un mayor costo del cultivo. El conocimiento de los nutrientes es una buena base para la planeación de un programa adecuado de manejo nutricional del cultivo de papa. A continuación se describe en forma resumida algunas características de los elementos nutritivos.

**Nitrógeno.** El N ocupa entre el 1.5 y 6 % del peso seco de muchos cultivos con valores entre el 3 y 5 % en papas; presenta una alta movilidad tanto en el suelo como en tejidos vegetales y sus principales funciones en la

planta son la síntesis de aminoácidos, proteínas y clorofila; es un constituyente de enzimas, cromosomas, hormonas y vitaminas.

El cultivo de papa requiere suficiente **N** durante el crecimiento rápido y la tuberización; la cantidad por aplicar varía de acuerdo a la variedad empleada y tipo de suelo cultivado; las dosis empleadas van desde menos de 50 unidades hasta más de 800. El exceso de **N** produce bajo rendimiento debido a un pobre desarrollo de raíces, y las hojas se pueden enrollar hacia arriba y formar “oreja de ratón”; las variedades de ciclo largo son especialmente susceptibles a este problema, en donde además, se reduce muy drásticamente el llenado de tubérculos y aumenta el riesgo de ataque de insectos y patógenos.

Las fuentes mas comunes de **N** que se aplican son el sulfato de amonio, nitrato de amonio, fosfato de amonio, urea, amoniaco anhidro, nitrato de calcio, nitrato de sodio, abonos verdes, estiércoles y otros. La absorción de nitratos estimula la absorción de cationes, pero los  $\text{Cl}^-$  y  $\text{OH}^-$  restringen la absorción de nitratos. El exceso de amonios pueden restringir la absorción de calcio y potasio.

**Fósforo.** El **P** ocupa entre el 0.15 y 1.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores entre 0.2 y 1.2 % en papas; presenta alta movilidad en tejidos vegetales pero es muy poco móvil en el suelo. Es un componente de proteínas y nucleoproteínas; participa en procesos de transferencia metabólica y transporte de energía, ATP. El fósforo estimula la formación y crecimiento de raíces.

El **P** se requiere con mayor importancia durante el crecimiento inicial y rápido y al final de la tuberización. Las plantas deficientes son pequeñas y presentan hojas, tallos y ramas de color púrpura; pobre crecimiento de raíces y estolones, y rendimiento reducido. Existe una gran variedad de tipos de

suelo cultivados con papas que tienen problemas con este elemento, el cual se pierde del suelo por remoción por plantas, fijación y formación de compuestos insolubles.

El cultivo de papa requiere cantidades relativamente pequeñas de este elemento pero en suelos calcáreos de pH alcalino y en suelos muy ácidos, la eficiencia de los fertilizantes utilizados puede ser inferior al 8 %, lo que obliga a los productores a utilizar cantidades muy elevadas de fertilizante fosfatado. Es conveniente fraccionar la aplicación de este elemento y completar su aplicación con foliares y una combinación de fuentes de lenta y rápida liberación.

**Potasio.** El **K** ocupa entre el 1.0 y 5.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores entre el 1.5 y 5 %; en papas. Presenta alta movilidad en la planta y en el suelo es media; interviene en la formación de azúcares y almidón; síntesis de proteínas.

Cataliza reacciones, neutraliza ácidos orgánicos y opera estomas. Imparte gran vigor y resistencia a las enfermedades, aumenta el tamaño de grano y semilla.

Las fuentes mas comunes de **K** son el nitrato de potasio, sulfato de potasio y magnesio, cloruro de potasio, fosfato de potasio, estiércoles, gusanos, y compostas. El **K** está en equilibrio con Ca y Mg para que la absorción de ellos no sea inhibida y es conveniente fraccionar su aplicación a fin de reducir los problemas de fijación y baja disponibilidad al final del ciclo,

cuando más lo requieren las plantas para producir altos rendimientos y buena calidad.

**Calcio.** El **Ca** ocupa entre el 0.2 y 3.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores entre 0.15 y 1.0 % en papas; presenta muy baja movilidad en el floema de las plantas, y su movilidad en el suelo es media, ayuda a mantener la integridad y permeabilidad de las membranas celulares y constituye parte de paredes celulares, interviene en la división y enlongación celular, en el crecimiento y en la asimilación de nitrógeno, aumenta la germinación del polen y neutraliza ácidos orgánicos. Las fuentes más comunes de **Ca** son el sulfato de calcio, nitrato de calcio, carbonato de calcio, superfosfatos de calcio y quelatos de calcio. En muchos suelos ricos en este elemento la translocación puede ser un problema y ésta se puede estimular mediante el uso de ácidos fúlvicos y carboxílicos.

**Magnesio.** El **Mg** ocupa entre el 0.04 y el 1.0 % del peso seco de las hojas, con valores de suficiencia de 0.10 % en papas, presenta alta movilidad en las plantas, y su movilidad en el suelo es media; forma parte de la molécula de clorofila y sirve como cofactor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de fosforilación. Participa en la síntesis de ARN y proteínas.

Es necesario en la formación de azúcares, ayuda a regular la asimilación de potasio y calcio. Actúa como transporte de fósforo en la planta, promueve la formación de aceites y grasas y está en la clorofila.

La fuente más común de **Mg** es el sulfato de **Mg** el cual puede estar mezclado con sulfato de potasio, y debe cuidarse su equilibrio respecto al calcio y al potasio.

**Azufre.** El **S** ocupa entre el 0.08 y 0.3 % del peso seco de las plantas de papa. Su movilidad es alta en el suelo y media en tejidos vegetales. Entre sus principales funciones en la planta esta la síntesis de proteínas y forma parte de los aminoácidos cistina y tiamina y de la clorofila; aumenta el color verde intenso, activa la formación de nódulos y estimula la producción de semillas.

Este elemento se aplica en el cultivo de papa principalmente como sulfatos de varios elementos y superfosfatos. Generalmente no se utiliza el **S** elemental en la fertilización. El **S** está presente en muchos suelos agrícolas en forma de materia orgánica y en forma de sulfatos solubles en la solución de los suelos bien drenados. El **S** se pierde del suelo por remoción por plantas, lavado y erosión.

**Fierro.** El contenido de **Fe** en el follaje varía de 10 a 1000 ppm del peso seco, con un rango de suficiencia entre el 35 y 75 ppm; presenta baja movilidad tanto en el suelo como en la planta, es un componente importante en varios sistemas enzimáticos y de la proteína ferredoxina y se requiere

para la reducción de sulfatos y nitratos, así como para la síntesis de clorofila y de proteínas en las regiones meristemáticas.

Es conveniente, en muchos casos, aplicar este elemento desde las etapas tempranas de crecimiento de las plantas de papa, aunque su demanda es mayor durante el crecimiento rápido. El exceso de este elemento se

manifiesta por un bronceado de las hojas y puede inducir deficiencia de otros elementos menores. Las fuentes mas comunes de **Fe** que se aplican son el sulfato de fierro y diversos tipos de quelatos de fierro.

**Manganeso.** El nivel de suficiencia de **Mn** en el follaje es de 40 ppm del peso seco, en papas; la movilidad de este elemento es baja en suelo y en tejidos vegetales y participa en la síntesis de clorofila, y en los procesos de oxidación reducción en el sistema de transporte electrónico en la fotosíntesis; activa oxidasas del ácido indolacético.

**Zinc.** El nivel de suficiencia de **Zn** en el follaje varía de 20 a 150 ppm del peso seco; este elemento presenta baja movilidad en el suelo y en tejidos vegetales y participa en la síntesis de auxinas, y en las mismas funciones enzimaticas del **Mn** y **Mg**.

El cultivo de papa requiere suministro de **Zn** durante prácticamente todo el ciclo; Las dosis empleadas van desde menos de 0 hasta mas de 20 unidades. El exceso de **Zn** puede ocasionar deficiencias de otros elementos menores, particularmente de fierro.

**Cobre.** El **Cu** alcanza el nivel de suficiencia de entre 5 y 7 ppm del peso seco; la movilidad de este elemento es baja en el suelo y en tejidos vegetales y participa como constituyente de la proteína plastocianina del cloroplasto y sirve como parte del sistema de electrones ligado a los fotosistema I y II. Participa en la síntesis de lignina, y es un cofactor en la síntesis de ácidos nucleicos.

Las fuentes más comunes que se aplican son el sulfato de **Cu** y diferentes fungicidas que contienen este elemento.

**Boro.** El **B** tiene su nivel de suficiencia en plantas dicotiledóneas entre 20 y 70 ppm del peso seco; la movilidad de este elemento es media alta en el suelo y muy baja en el floema de las plantas; participa en la síntesis de una de las bases del ácido ribonucleico y en actividades celulares de división, diferenciación, maduración y otras; afecta la floración y a la germinación del polen participa en la estabilidad de la membrana y pared celular e influye en el rendimiento y calidad de frutos.

Las fuentes mas comunes que se aplican son el bórax, el ácido bórico y diferentes boratos; algunos fertilizantes foliares contienen este elemento como complemento.

**Molibdeno.** La concentración del **Mo** es generalmente menor de 15 ppm del peso seco de las plantas en componente de la nitrogenasa y nitrato reductosa, que son sistemas enzimáticos importantes y participa en la síntesis de proteínas; presenta una movilidad media en el suelo y en los tejidos vegetales.

**Cloro.** El **Cl** presenta niveles de suficiencia desde 20 ppm hasta 0.15% o más de la materia seca en diferentes cultivos, pero no se le ha reportado deficiente en la naturaleza; es móvil en el suelo y poco móvil en la planta y participa y compite con otros aniones como nitratos y sulfatos.

### **2.3.2 Evidencias de sustancias formadoras del tubérculo.**

## **Giberelinas**

La aplicación de giberelinas en plantas de papa provoca, entre otras cosas, que se retrase o inhiba la formación de tubérculos aún bajo condiciones favorables a la tuberización y que se desarrollen menos tubérculos por planta. También se ha reportado que las aplicaciones de giberelinas reducen el número de días a floración, independientemente del fotoperíodo. En cuanto a rendimiento se ha encontrado que las concentraciones de giberelina de hasta 5 ppm no afecta el rendimiento total de los tubérculos, y que concentraciones más altas reducen el rendimiento y modifican la forma del tubérculo.

Otros estudios, sin embargo, muestran que al aplicar giberelinas se produce un tamaño más uniforme de los tubérculos de primera calidad. Corsini et al (1989), por su parte reportan que las giberelinas retrasan la tuberización y promueve el crecimiento de la parte aérea.

Se piensa que el ácido giberélico actúa primariamente impidiendo que se acumule almidón, y al hacerlo provoca que se bloquee la fuerza de la demanda del tubérculo.

## **ABA (Ácido absicico)**

La naturaleza de las sustancias que forman el tubérculo es desconocida. El ácido absicico, induce al 30 % de las plantas roseadas para formar



tubérculos (El Antably et al, 1967). De cualquier forma, las aplicaciones de ABA a los rizomas en plantas crecidas bajo días largos, o tratamiento de ABA de rizomas en cultivo de tejidos, inhibieron el crecimiento del rizoma pero fallaron al inducir la formación del tubérculo. Desde que ABA es conocido por tener muchos efectos en las plantas y no se ha demostrado aún que induce la tuberización por aplicación directa, es dudoso saber si está directamente envuelto en el proceso de iniciación del tubérculo.

Plantas de *Solanum indigena* rociadas con ácido absicico (ABA), la formación de tubérculos es promovida y en la papa cultivada, cultivares Ulster Premier y Ulster Prince, es promovido un incremento en el peso de los tubérculos. En *Solanum tuberosum L*, cultivar White Rose, en días largos se tiene la formación de tubérculos rociando las plantas o las puntas de los estolones con ABA.

En segmentos de tallos y estolones cultivados si se tiene la formación de tubérculos tratados con ABA siempre y cuando se tengan las condiciones óptimas para su desarrollo.

### **Citocininas.**

Las citocininas son necesarias para la división celular la cual es un evento temprano en la iniciación del tubérculo, así no es sorprendente que la adición de citocininas, promoviera frecuentemente la tuberización in vitro. Las plantas transferidas a temperaturas más frescas y fotoperíodos más cortos

se han asociado con un incremento temporal en el contenido de citocininas en las hojas, pero la actividad de las citocininas de las puntas del estolón mostraron un incremento pequeño hasta que los tubérculos estuvieron más del doble de su tamaño en los estolones. La mayoría de las citocininas en la hojas de papa fueron identificadas como ciszeatin-ribosido, pero ésto parece cuestionable, aunque éste es un componente de la planta tierna, es el transzeatin ribosido que es considerado para tener actividad biológica en plantas más altas. En condiciones de medio ambiente apropiado (temperatura baja y fotoperíodo corto) las citoquininas pueden influir favorablemente en la tuberización (Morby, 1978). A este respecto Lang y Linglle (1984), señala que ésta influencia favorable se manifiesta cuando las citocininas se aplican al principio de la tuberización, pero en algunos casos y según variedades, se producía una modificación en la forma externa de los tubérculos que los hacía poco comerciales.

### **III MATERIALES Y MÉTODOS**

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

La presente investigación se realizó en el lote San Felipe municipio de Arteaga, Coahuila, propiedad del Ing. Héctor Miguel Cárdenas, que se encuentra a una altura de 2050 m.s.n.m, entre los 25° 13' 52" de latitud norte y 100° 46' 54" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

#### **3.2 Características edafoclimáticas del medio.**

## **Suelo.**

- \* Cálculo.
- \* Textura fina.
- \* Ligeramente salino 4-8 mmhos/cm.a 25°C.

## **Presenta:**

- \* Agricultura de temporal anual.
- \* Matorral inerme.
- \* Matorrales de cianofitas.
- \* Pastizales inducidos.

## **Clima.**

- \* Temperatura media anual: 22.8°C
- \* Precipitación total anual media: 339.1 mm.
- \* Heladas: Los meses más fríos son enero y diciembre que siempre es posible que presenten heladas; aunque éstas también pueden aparecer en noviembre y febrero. La temperatura mínima extrema registrada en una helada no es muy baja, no sobrepasa los dos grados centígrados bajo cero.
- \* Granizo: Durante todo el año es posible que se presente granizo, pero puede ocurrir más en abril, mayo, junio y julio.
- \* Rocío: Todo el año puede haber rocío, pero se acentúa más en octubre, noviembre y diciembre, aún que casi puede

despreciarse como fuente de agua al suelo por su poca presentación.

\* Tipo de clima: Bs (h')<sub>0</sub>w(e').

Clima seco, muy extremo con temperaturas máximas muy altas y mínimas muy bajas. En general, es el tipo de clima cálido, con lluvias de verano, seco y muy extremo.

- Temperatura máxima. 32.9°C
- Temperatura mínima. 12.7°C.

### 3.3 Material vegetativo.

Se utilizó semilla de variedad alpha de segunda en muy buen estado, bien brotada y bastante uniforme la selección.

### 3.4 Material Químico.

## ALGAENZIM\$

Extracto Concentrado de Algas Marinas

### GARANTIA DE COMPOSICIÓN

ELEMENTO	mg/l(ppm)	ELEMENTO	mg/l(ppm)	ELEMENTO	mg/l(ppm)
Potasio(K)	14800	Cobre(Cu)	174	Estaño(Sn)	<0.10
Nitrógeno(N)	14500	Manganeso(Mn)	72	Plata(Ag)	<0.10
Sodio(Na)	13660	Aluminio(Al)	23.50	Talio(Ta)	<0.10

Magnesio(Mg)	1320	Estroncio(Sr)	22.70	Plomo(Pb)	<0.05
Fósforo(P)	750	Silicio(Si)	4	Niquel(Ni)	<0.05
Calcio(Ca)	620	Cobalto(Co)	2075	Cadmio(Cd)	<0.01
Zinc(Zn)	505	Bario(Ba)	0.20	Molibdeno(Mo)	<0.01
Fierro(Fe)	440	Antimonio(Sb)	<0.10		

NOTA.

Debido a que este producto es 100 % natural, este análisis puede variar debido a las variaciones individuales de las algas.

**COMPOSICIÓN: CONFORME A LA LITERATURA, LOS EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS CONTIENEN COMPONENTES, MENCIONANDO COMO UN INDICIO, LOS SIGUIENTES:**

\* Todos los elementos mayores y menores y elementos traza que ocurren en las plantas, de los cuales en este caso, se han analizado cuantitativamente los anotados en la Garantía de Composición.

\* Sustancias naturales con efectos similares a los reguladores de crecimiento de las plantas tales como: auxinas, citoquininas, y otros como las giberelinas, complejos enzimáticos, agentes quelatantes, ácidos algínicos, carbohidratos, proteínas, vitaminas y sustancias biocidas que inciden en el control de algunas plagas y enfermedades.

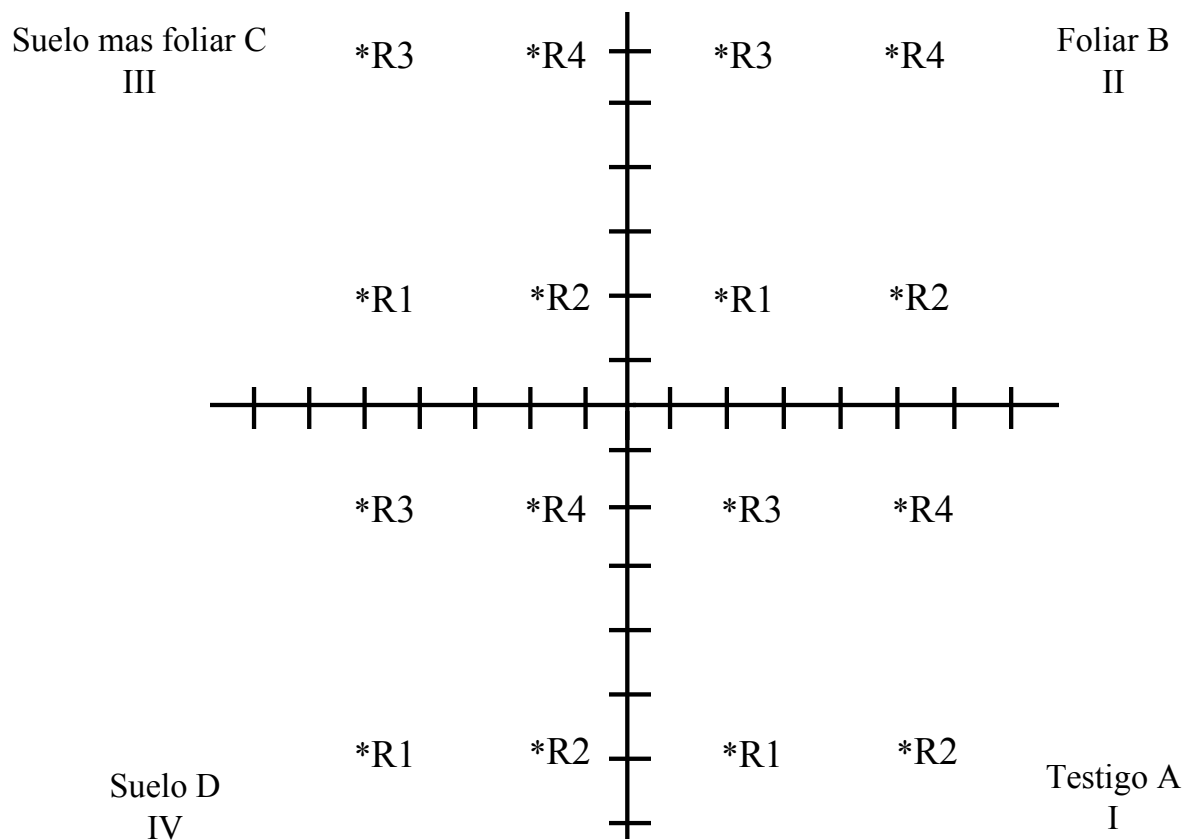
### **3.5 Metodología de siembra.**

- Hectáreas sembradas 30.36
  - \* Se tenían 1,476 surcos.
  - \* Se utilizaron 3,443 arpillas.
- Distancia entre papas 14 cm.
- Papas por metro 5.3.
- Profundidad, 5 pulgadas.
- Gasto por hectárea 113.40 Arp/ha.
- Fecha de siembra. Martes 23-05-95 a jueves 8-06-95.
- Fertilización.  
N-P-K  
250-150-300
- Pesticidas.
  - \* Furadan (350) 5.83 lts/ha
  - \* Clordano 5.83 lts/ha
  - \* Monseren 5.91 kg

### **3.6 Unidad experimental.**

Diagrama de toma de datos.

(Diámetro de las parcelas 4 metros lineales)



\* Repeticiones

### 3.7 Tratamientos y Dosis.

Tratamientos	Dosis	Totales
Testigo	0	0
Foliar	1 litro/hectárea	1 litro/hectárea
Suelo más foliar	1 litro/hectárea foliar-2 litros/hectárea suelo	3 litros/hectárea
Suelo	2 litros/hectárea suelo	2 litros/hectárea

### 3.7.1 Conducción del experimento

El manejo agronómico del experimento fue igual a la que realiza comercialmente el productor. Por lo cual solo se consigna lo que se hizo para el experimento en si.

- Al momento de la siembra se aplicaron dos litros por hectárea en el tratamiento suelo “D” y suelo más foliar “C”.

- Las aplicaciones foliares se hicieron: Mediante un avión fumigador

1.- 8 de julio	200 ml/ha
2.- 14 de julio	200 ml/ha
3.- 20 de julio	200 ml/ha
4.- 26 de julio	200 ml/ha
5.- 5 de agosto	200 ml/ha

---

1 litro/hectárea

### 3.8 Parámetros a evaluar

Rendimiento y calidad del tubérculo



### **3.9 Diseño experimental**

Con el fin de obtener resultados objetivos y apegarlos a el rigor científico, los datos numericos estraidos en este experimento se analizaron bajo un diseño experimental de bloques al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

## **IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Los datos obtenidos en campo fueron analizados estadísticamente con el programa “sas”, obteniendo los siguientes resultados.**

Es importante mencionar que en el presente trabajo el propietario del lote realizó sus fertilizaciones normalmente, es decir, una fertilización al momento de la siembra la llamada de fondo y otras dos más de auxilio aplicadas foliarmente.

Por lo que el producto que se estudio en el presente trabajo y que es los extratos de algas marinas, éste funcionó como un suplemento de fertilización obteniendo lo siguiente.

#### 4.1 Rendimiento

Con lo que respecta a esta variable el análisis de varianza no detectó diferencia significativa estadísticamente, sin embargo, aplicando las pruebas de medias se encontraron los datos de variación desde 4.6915 hasta 5.785 (cuadro No.1)

**Cuadro No.1.** Comportamiento del rendimiento del cultivo de papa de la variedad alpha por efecto de los tratamientos a base de los extractos de algas marinas.

No. de trat.	Tratamiento	Producto	Media de Rendimiento Muestreo (kg)	Media de Rendimiento por (ha)	Diferencia en % de los tratamientos
3	suelo más foliar	Alga-enzims	5.785	62.883	23.4 %

4	suelo	Alga-enzims	4.735	51.469	1.4 %
2	Foliar	Alga-enzims	4.695	51.035	.1 %
1	Testigo	Nada	4.691	50.940	0 %

El mejor tratamiento fue el No.3 que corresponde a la aplicación de suelo más foliar, con una media de rendimiento de 62,883 Kg/ha, representando un aumento significativo del 23.4 % con respecto al testigo. (Figura No.1).

Por lo anterior es necesario observar que estadísticamente en el análisis de varianza no se presentó diferencia.

Por Koo (1991) quien reporta que en árboles jóvenes de cítricos asperjados por extractos de algas, aumentaron el rendimiento por árbol, cuando se asperjaron estos extractos

Así mismo González (1993) encontró que el rendimiento en el cultivo de cartamo incrementó un 40 % al aplicar extractos de algas marinas en este cultivo.

## **4.2 Calidad.**

Dentro de esta variable se analizaron las calidades comerciales de papas de primeras, segundas, terceras, cuartas y monos.

### **4.2.1 Calidad Primera.**

Por lo que representa esta calidad en el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, encontrándose así mismo que los kilogramos de muestra variaron desde 2.263 hasta 1.306 kg. (cuadro No. 2)

El mejor tratamiento para primera calidad fue el No. 2 y que corresponde a algaenzims aplicado foliarmente con un 49 % de primera calidad con respecto al rendimiento total teniendo un aceptable porcentaje comparado con el testigo en el cual lo superó con un 21 % (Fig # 2)

El tratamiento que le siguió en efecto fue el No. 3 y que corresponde a algaenzims aplicado al suelo y foliarmente con un 32 % de primera calidad con respecto al rendimiento total y tuvo una diferencia de un 4 % con respecto al testigo.

Lo anterior concuerda con Jeen (1972), en donde menciona que las ventajas de los extractos de algas marinas entre otras muchas es el incremento en la calidad.

#### **4.2.2 Calidad de Segunda.**

Por lo que representa esta calidad en el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre tratamientos encontrándose así mismo que los kilogramos de muestra variaron desde 1.995 hasta 1.028 kg. (cuadro No. 3)





El mejor tratamiento para segunda calidad fue el No. 3 y que corresponde a la aplicación suelo mas foliar con un 34 % de segunda calidad con respecto al rendimiento total teniendo un aceptable porcentaje comparado con el testigo donde este lo superó con un 3 % (fig. # 3)

El tratamiento que le siguió fue el No. 4 y que corresponde a algaenzims aplicado al suelo con un 36 % de segunda calidad con respecto al rendimiento total y tuvo una diferencia de un 5 % con respecto al testigo.

Lo anterior concuerda con Perdesen (1973). La mayoría de las plantas responden a la aplicación de extractos de algas marinas y se cree que se debe principalmente a las citoquininas las cuales tienen una influencia en la

división celular, esto se fundamenta en que se han destacado funciones semejantes a las citoquininas sintéticas Bentley (1968).

### **4.2.3 Calidad de Tercera.**

Por lo que representa esta calidad en el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre tratamientos encontrándose así mismo que los kilogramos de muestra variaron desde 1.272 hasta .775 kg. (cuadro No. 4)

Para la calidad de tercera los mejores tratamientos fueron el No. 3 y 4 con un 22 % de calidad con respecto al rendimiento total, las cuales corresponden a las aplicaciones de algaenzims de suelo mas foliar y al suelo respectivamente superando éstos al testigo en un 5 %. (Fig. # 4)





#### **4.2.4 Calidad de Cuarta**

Por lo que representa esta calidad en el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre tratamientos encontrándose así mismo que los kilogramos de muestra variaron desde .503 hasta .285 kg. (cuadro No. 5).

El mejor tratamiento para cuarta calidad fue el No. 3 y que corresponde a la aplicación suelo mas foliar con un 9 % de cuarta calidad con respecto al rendimiento total, así teniendo un aceptable porcentaje comparado con el testigo lo cual lo superó en un 3 %. (Fig. # 5)







#### **4.2.5 Calidad de Mono.**

Se les denomina papas mono a aquéllas que presentan deformaciones en el mismo tubérculo a causa de un estrés hídrico, o falta de calcio en su nivel óptimo nutrimental.

Por lo que representa esta calidad en el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre tratamientos encontrándose así mismo que los kilogramos de muestra variaron desde .745 hasta .092 kg. (cuadro No. 6).

El mejor tratamiento fue el No. 3 ya que presentó un 15 % menos de esta calidad con respecto al testigo dicho tratamiento corresponde a la aplicación de suelo más foliar.

El siguiente tratamiento que presentó un bajo porcentaje de esta calidad fue el No. 4 y que corresponde a las aplicaciones de algaenzims al suelo con un 11 % menos que el testigo. (Fig. # 6).

Las aplicaciones de algaenzims foliarmente reducen un 10 % esta calidad con respecto al testigo como lo muestra el tratamiento No. 2.

Es importante remarcar la importancia de reducir al máximo esta calidad en el cultivo de papa ya que dicha calidad no representa un ingreso al

productor y como se pudo observar las aplicaciones de las algas marinas en este trabajo redujeron considerablemente esta calidad.



## *V CONCLUSIONES.*

### **5.1 Rendimiento.**

En este renglón se incremento en un 23.4 % en comparación con el testigo aplicando tanto al suelo como en el follaje a sabiendas que no tuvo una significancia en el análisis estadístico.

### **5.2 Calidad.**

En este rubro las aplicaciones de los extractos de algas marinas tuvieron un efecto significativo como suplemento nutricional.

Aumentando la calidad en papas de primera un 2 %, en papas de segunda un 5 %, en papas de tercera un 5 %, en papas de cuarta un 3 % y en la calidad mono que es una calidad no comercial la disminuyeron en un -15 % siendo el mejor tratamiento las aplicaciones al suelo y foliarmente.

En resumen los extractos de algas marinas aplicadas como suplemento en la nutrición del cultivo de papa pueden incrementar considerablemente los rendimientos y las calidades, traduciendo en un ingreso importante para el productor.

## ***VI RECOMENDACIONES.***

\* Sugiero que este producto se utilice como un suplemento nutricional, ya que los preparados de algas, potencian la acción de los fertilizantes y de la materia orgánica; además, aportan: reguladores de crecimiento de las plantas, agentes quelatantes, vitaminas, carbohidratos, aminoácidos y todos los elementos mayores y menores y elementos traza que ocurren en las plantas.

\* Con respecto al tratamiento recomiendo el suelo mas foliar (un litro por hectarea foliar + dos litros por hectárea al suelo).

Dentro de las aplicaciones foliares recomiendo la siguiente parcialización de este producto.

### **a) Primera aplicación.**

Época: De 30 a 35 días después de la siembra.

Objetivo: Fortalecer el sistema radical de la planta y promover una mayor tuberización

### **b) Segunda aplicación.**

Época: De 45 a 50 días después de la siembra.

Objetivo: Aportar micronutrientes quelatados y reguladores de crecimiento para complementar la fertilización de la planta.

### **c) Tercera aplicación**

Época: De 50 a 60 días después de la siembra.

Objetivo: Mejorar el crecimiento, tamaño del tubérculo, sanidad de la planta y resistencia a heladas.

\* Recomiendo que en investigaciones posteriores con este producto, se aplique completamente puro sin ninguna aplicación de fondo o de auxilio, con el propósito de observar las bondades de los extractos de algas marinas.

## ***VII BIBLIOGRAFÍA***

- Acosta Carreón, A 1990. Resúmen de Experimentos Realizados, con extractos de algas UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Augier, H. 1974. Les Hormones des Algues. Etat actuel des Connaissances Resherche et Tentatives Identification des Gibberellines, des Cyokinines et de Diverses autres Substances de Nature Hormonales. Bot. Mar. 19: 245-254.
- Blunden, G. 1977. Cytokinin Activity of Seaweed Extracts. Marine Natural Products Chemistry. pp. 337-344. Publ., New York
- Canales, L. B. 1987. Teoría Enzimática sobre el Cambio de la Textura en el Suelo (Estudio empírico) Manuscrito no publicado. 50 p.
- Canales, L. B. 1995. Fijación de nitrógeno del aire por plantas no leguminosas
- Davey, J. E. and Staden. 1978. Cytokinin Activity un Lupinus albus. III Distribution in Fruits. Physiol. PI. 43:-97-93

- Finnie. J. F. 1985. The Effects of Seaweed Concentrate and Applied Hormones on in vitro Cultured tomato roots. J. PI Physiol. 120:215-222.
- Fox. D.F. 1961. The Effect of Seaweed Meal on the growth and Development of Geranium **Pelarganium hortorum** Cultivar Improved Ricard, M. S. Thesis, Clemson Univ. Clemson. S.C pp. 12-23
- García, Enriqueta. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Edic., 3 México D.F Edit. Talleres Offset Larios.
- Gerald B. Y Paul B. W. 1976. Efecto de los extractos líquidos de algas marinas y de quinetinas en el rendimiento en la cosecha de papa.
- González López. M. 1993. Investigación y extensión. **PIEX-SARH**. Navojoa Sonora.
- ITESM. 1991. Resumen de trabajos de campo. No publicado. Torreón, Coahuila.



Jen J.J 1972. The Effect of Seaweed on Plants Growth. S.C. Agr. Expt. Sta.  
Dept. Hort. Res. Series No. 1941 Clemson Univ., S.C. pp.  
36, 43.

Koo, M. 1991. Response of Citrus to Seaweed-based Nutrient Sprays. (61),  
8:7383.p. 850.

Lynn, L. B. 1972. The Chelating Properties or Seaweed Extract  
**Ascophyllum nodosum** vs **Macrocystis pyrifera** on the  
mineral Nutrition of Seweet Peppers, **Capsium annuum**.  
M. S. Thesis, Clemson University, Clemson, South Carolina  
(Not seen).

Marshall W. 1987. Biología de las Algas Enfoques Fisiológicos, De Limusa,  
1a. Edición. México. D.F.

Metting, B. 1988 Algae and Agriculture In: C. A. Lembi and R.A. Waaland  
(ads) Algae and Human Affairs, pp. 335-370. Cambridge  
Univ. Press, Cambridge.

Narro, F. E 1995. Nutrición y Sustancias Humicas en el Cultivo de Papa.  
Quinto Congreso conpapa.

Pedersen, M. 1973. Identification of a Cytokinin, 6-3 methyl-2  
butenylamino purincin sea Water and the Effect od Cytokinins  
on Brown Algae, *Physiol. Plant.* 28:101-105.

Pelczar, M. J. 1984. *Microbiología*, De. Mc Graw Hill, 4a Edición México.

Senn et al. 1960. The Effect of Kelp meal on Development and Comparison  
of Various Vegetable and Special Crops. *Assoc. Sou. Ag.*  
*Wkrs.* 57-182.

Senn T. L. 1987. *Seaweed and Plant Growth* Faith Printing Co. Taylor,  
South Carolina 166 pp.

Tay, S. A: 1987. Identification of Cytokinin Glucosides in a Seaweed  
Extract. *J. PI Growth Regul.* 5:133-138.

# **APÉNDICE**

## **Rendimiento**

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P<sub>R</sub> &gt; F</b>
<b>Repetición</b>	3	1968734.250	656244.750	2.14	0.1648
<b>Tratamiento</b>	3	3489846.750	1163282.250	3.80	0.0520
<b>Error</b>	9	2755606.750	306178.083		
<b>Total</b>	15	8214183.750			

### **Calidad de Primera**

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P<sub>R</sub> &gt; F</b>
<b>Repetición</b>	3	5188.250	1729.417	3.91	0.0486
<b>Tratamiento</b>	3	2486919.250	828973.083	1873.50	0.0001
<b>Error</b>	9	3982.250	442.472		
<b>Total</b>	15	2496089.750			

### **Calidad de Segunda**

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P<sub>R</sub> &gt; F</b>
<b>Repetición</b>	3	309.187	103.063	0.18	0.9083
<b>Tratamiento</b>	3	2051553.188	683851.062	1184.26	0.0001
<b>Error</b>	9	5197.063	577.451		
<b>Total</b>	15	2057059.438			

### **Calidad Tercera**

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P<sub>R</sub> &gt; F</b>
------------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------------------------

<b>Repetición</b>	3	16042.6865	5347.5625	1.07	0.4094
<b>Tratamiento</b>	3	753617.6875	251205.8958	50.25	0.0001
<b>Error</b>	9	44988.5625	4998.7292		
<b>Total</b>	15				

### Calidad Cuarta

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P<sub>R</sub> &gt; F</b>
<b>Repetición</b>	3	659.0000	219.6667	1.64	0.2479
<b>Tratamiento</b>	3	118180.5000	39393.5000	294.35	0.0001
<b>Error</b>	9	118839.5000	133.8333		
<b>Total</b>	15	1204.5000			

### Calidad Mono

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P<sub>R</sub> &gt; F</b>
<b>Repetición</b>	3	477.1875	159.0625	.051	0.68
<b>Tratamiento</b>	3	934238.6875	311412.8958	1001.84	0.0001
<b>Error</b>	9	2797.5625	310.8403		
<b>Total</b>	15	937513.4375			