

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

**EFFECTO DE BIOESTIMULANTE ENZIMÁTICO A BASE DE ALGAS MARINAS SOBRE
EL DESARROLLO DE CAÑA DE AZÚCAR EN RENOVACIÓN; LA GOMERA, ESCUINTLA**
TESIS DE GRADO

HEBER MIGUEL ALVARADO DE LEÓN
CARNET 21772-06

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

**EFFECTO DE BIOESTIMULANTE ENZIMÁTICO A BASE DE ALGAS MARINAS SOBRE
EL DESARROLLO DE CAÑA DE AZÚCAR EN RENOVACIÓN; LA GOMERA, ESCUINTLA
TESIS DE GRADO**

**TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

**POR
HEBER MIGUEL ALVARADO DE LEÓN**

**PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA**

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. CÉSAR ESTUARDO DE LA CRUZ MUÑOZ

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES

MGTR. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ

ING. MANUEL RODRIGO SALAZAR RECINOS

Guatemala 17 de Septiembre de 2015

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Heber Miguel Alvarado de León, carné 2177206, titulado: "Efecto de bioestimulante enzimático a base de algas marinas sobre el desarrollo y crecimiento de caña de azúcar en renovación; La Gomera, Escuintla". El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Cesar Estuardo De La Cruz Muñoz', written over a circular stamp or seal.

Ing. Cesar Estuardo De La Cruz Muñoz
Colegiado No. 3833
Cod. URL 23987

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante HEBER MIGUEL ALVARADO DE LEÓN, Carnet 21772-06 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0696-2015 de fecha 29 de agosto de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE BIOESTIMULANTE ENZIMÁTICO A BASE DE ALGAS MARINAS SOBRE
EL DESARROLLO DE CAÑA DE AZÚCAR EN RENOVACIÓN; LA GOMERA, ESCUINTLA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 10 días del mes de septiembre del año 2015.


ING. REGINA CASTANEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Cesar Estuardo De La Cruz Muñoz, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Adán Obispo Rodas Cifuentes, por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

Ing. Rodrigo Salazar, por su apoyo, asesoría revisión y corrección de la presente investigación.

DEDICATORIA

A:

- Dios Quién siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.
- Mis padres Miguel Enrique Alvarado Velásquez y Mirna Maritza De León Vásquez a quienes quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.
- Mi hijo: Heber Eduardo Alvarado Barahona que lo amo mucho, por ser la razón de mi esfuerzo, mi alegría y la motivación constante de superación.
- Mi familia: hermanos Wili Alvarado, Carolina Alvarado, tíos, primos, sobrinos que de una u otra forma han contribuido en mi formación.
- Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

ÍNDICE GENERAL C o n t e n i d o		Página
	RESUMEN	i
	SUMARY	ii
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	3
2.1	EFFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO RADICULAR	3
2.2	EFFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE EL DESARROLLO DE LA PARTE AÉREA	4
2.3	EFFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE LA ABSORCIÓN DE MACRONUTRIENTES	5
2.4	EFFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE LA ABSORCIÓN DE MICRONUTRIENTES	7
2.5	EFFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE LAS MEMBRANAS CELULARES	9
2.6	EFFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE EL METABOLISMO ENERGÉTICO	10
2.7	EFFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN LA SÍNTESIS DE PROTEÍNAS, ÁCIDOS NUCLEICOS Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA	11
2.8	REGULADORES DE CRECIMIENTO, HORMONAS Y BIOESTIMULANTES	12
2.9	FORMULACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE BIOESTIMULANTES	14
2.10	EXTRACTOS VEGETALES	15
2.11	EFFECTOS DE LAS ALGAS MARINAS	16
2.12	DIFERENCIAS ENTRE EXTRACTOS DE ALGAS	17
2.13	USO DE BIOESTIMULANTES EN LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS	18
2.13.1	Uso de bioestimulantes en cultivos de gramíneas	18
2.13.2	Uso de bioestimulantes en cultivos de leguminosas	19
2.13.3	Uso de bioestimulantes en otros cultivos	19
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	

		Página
	3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
		23
IV.		OBJETIVOS
		25
	4.1	OBJETIVO GENERAL
		25
	4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
		25
V.		HIPÓTESIS
		26
VI.		METODOLOGÍA
		27
	6.1	LOCALIZACIÓN
		27
	6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL
		27
	6.3	FACTOR ESTUDIADO
		28
	6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS
		28
	6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL
		29
	6.6	MODELO ESTADÍSTICO
		29
	6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL
		29
	6.8	CROQUIS DE CAMPO
		30
	6.9	MANEJO DEL EXPERIMENTO
		30
	6.9.1	Preparación del terreno
		30
	6.9.2	Siembra
		30
	6.9.3	Fertilización
		31
	6.9.4	Control fitosanitario
		31
	6.10	VARIABLES DE RESPUESTA
		31
	6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN
		32
VII.		RESULTADOS Y DISCUSIÓN
		33
	7.1	POBLACIÓN DE TALLOS
		33
	7.2	ALTURA DE PLANTA
		35
	7.3	DIÁMETRO DE TALLO
		36
	7.4	NUMERO DE ENTRENUDOS POR TALLO
		37
	7.5	LONGITUD DE RAÍCES
		39
	7.6	BIOMASA DE RAÍCES
		40
	7.7	RENDIMIENTO DE CAÑA
		41
VIII.		CONCLUSIONES
		43
IX.		RECOMENDACIONES
		44
X.		BIBLIOGRAFÍA
		45
XI.		ANEXOS
		52

INDICE DE CUADROS
C o n t e n i d o

Página

Cuadro 1	Tratamientos de aplicación de Algamar Plus a evaluar en caña de azúcar.	28
Cuadro 2	Análisis de varianza para población de tallos/ha en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	33
Cuadro 3	Análisis de varianza para altura de planta (m), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	35
Cuadro 4	Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	36
Cuadro 5	Prueba de medias Tukey para diámetro de tallo (cm) en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	37
Cuadro 6	Análisis de varianza para número de entrenudos/tallo, en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	37
Cuadro 7	Análisis de varianza para largo de raíz (cm), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	39

		Pagina
Cuadro 8	Prueba de medias Tukey para largo de raíz (cm) en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	39
Cuadro 9	Análisis de varianza para biomasa de raíces (g), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	40
Cuadro 10	Prueba de medias Tukey para biomasa de raíces (g) en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	41
Cuadro 11	Análisis de varianza para rendimiento de caña (t/ha), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	41
Cuadro 12	Prueba de medias Tukey para rendimiento (t/ha) en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.	42

INDICE DE FIGURAS
C o n t e n i d o

		Página
Figura 1	Localización del área experimental.	27
Figura 2	Distribución de los tratamientos a evaluar.	30
Figura 3	Tallos por hectárea, en la evaluación del efecto de algamar plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azuar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013	34
Figura 4	Altura de planta (m), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera Escuintla, 2013	35
Figura 5	Numero de entrenudos/tallo, en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera Escuintla, 2013	38

EFFECTO DE BIOESTIMULANTE ENZIMÁTICO A BASE DE ALGAS MARINAS SOBRE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR EN RENOVACION; LA GOMERA, ESCUINTLA

RESUMEN

El objetivo fue determinar la respuesta en el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, al aplicar algas marinas. La evaluación se realizó en La Gomera, Escuintla. Se Utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones. Las variables respuestas fueron: población de tallos, altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), número de entrenudos por tallo, longitud de raíces (cm), biomasa de raíces (g) y rendimiento de caña (t/ha). Se concluyó que: ninguno de los tratamientos que incluyeron la aplicación de algas marinas incrementaron la población de tallos, la altura de planta y número de entrenudos por tallo. Se observó tendencia a que el tratamiento 4 (aplicación de 1.5 L al momento de la siembra más 1.5 L al momento de la fertilización) incrementa los valores de las variables mencionadas. Se observó efecto significativo sobre la variable diámetro de tallo, el mismo fue mayor cuando se aplicó al menos una fracción de algas marinas en la siembra y/o fertilización. Los tratamientos afectaron significativamente las variables longitud y biomasa de raíces, así como el rendimiento de caña, éste último fue mayor cuando se aplicó algas marinas, excepto cuando éste se empleó hasta la aplicación de los herbicidas. Se recomienda la aplicación de algas marinas en caña de azúcar, utilizando 1.5 L a la siembra y 1.5 L al momento de la fertilización; así mismo, conducir evaluaciones similares en las diferentes variedades de caña que se están utilizando actualmente en la agroindustria azucarera.

EFFECT OF SEAWEED-BASED ENZYMATIC BIOSTIMULATOR ON RENEWAL SUGARCANE DEVELOPMENT AND GROWTH; LA GOMERA, ESCUINTLA

SUMMARY

The objective was to determine the response in sugarcane growth and development when applying seaweed. The evaluation was carried out in La Gomera, Escuintla, using a complete randomized block design with six treatments and five replicates. The response variables were: stem population, plant height (cm), stem diameter (cm), number of stem internodes, root length (cm), root biomass (g), and sugarcane yield (t/ha). It was concluded that none of the treatments that included seaweed application increased the stem population, plant height and number of internodes per stem. Treatment 4 (application of 1.5 L at the planting time, plus 1.5 L at the fertilization time) increases the values of the referred variables. A significant effect was observed on the stem diameter variable, the same was higher when applied one fraction of seaweed during the planting time and/or fertilization. The treatments significantly affected the length and root biomass variables; the sugarcane yield was also higher when applying seaweed, except when applied until the time of fertilization. It is recommended to apply seaweed in sugarcane, using 1.5 L during the planting time and 1.5 L during fertilization; additionally, it is recommended to carry out similar evaluations in the different sugarcane varieties that are currently used in the sugar agroindustry.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar es un pilar de la agroindustria guatemalteca, abarcando su mayor área de cultivo en la costa sur. Este cultivo extensivo llega a demandar altas necesidades de nutrientes, humedad y área. En el manejo agronómico actual del cultivo, generalmente no se incluyen actividades o labores dirigidas a la sostenibilidad del recurso suelo, por lo que por el historial de cultivo en la región, en algunas áreas existen indicios del inicio de un deterioro de las propiedades del mismo.

El reciente interés en mantener la calidad del suelo ha sido estimulado por un conocimiento renovado de la importancia de la condición del suelo para la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola y la calidad del medio ambiente. Una agricultura sostenible en armonía con el ambiente puede conjugar perfectamente el uso integrado de insumos sintéticos como fertilizantes minerales, fungicidas, insecticidas con abonos, bioestimulantes y productos fitosanitarios de origen orgánico.

Se ha reportado que con el uso de los bioestimulantes se incrementan significativamente la productividad y calidad de los cultivos, a la vez que se protege el ambiente y la salud, tanto de productores como de consumidores, así como también se minorizan los costos de producción (Epuin, 2004). Los bioestimulantes permiten actuar de una forma directa en el desarrollo vegetativo promoviendo la síntesis de muchas hormonas en los cultivos; estos productos pueden ser tanto de síntesis química como orgánicos.

Algamar Plus es un precursor hormonal que se comercializa y promociona como aportador de beneficios de bioestimulación para la formación de raíces, mayor movilidad de los nutrientes, anclaje, resistencia al estrés ambiental, concentración de azúcares, mejorador del suelo, resistencia a enfermedades e incrementa los rendimientos.

La evaluación de Algamar Plus en el cultivo de caña de azúcar busca generar información, para dar una recomendación técnica sobre su uso en este cultivo, evitando así sobredosificaciones que puedan causar fitotoxicidad y/o incrementar los costos de producción.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 EFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO RADICULAR

Las sustancias húmicas muestran mayores efectos sobre las raíces que sobre la parte aérea. Sladky (1959) aplicó ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y un extracto alcohólico de materia orgánica, en concentraciones de 50, 50 y 10 mg L⁻¹, respectivamente, a plantas de tomate creciendo en disolución nutritiva. Las tres fracciones de materia orgánica estimularon significativamente la longitud y peso de la raíz en comparación con una disolución nutritiva pura.

Smidova (1962) estudió el efecto de un humato sódico sobre la absorción de agua y la germinación de semillas de trigo. Observó incrementos en la absorción de agua, respiración y germinación de semillas por la aplicación de disoluciones de 100 mg L⁻¹ de humato-Na. El aumento sobre la germinación fue atribuido a estímulos sobre la actividad enzimática de la semilla. Csicsor, Gerse y Titkos (1994) revelan marcados efectos beneficiosos para la germinación de semillas de tabaco en condiciones *in vitro*, por la aplicación de humatos potásicos o ácidos fúlvicos, dando los mejores resultados para la dosis de 200 mg L⁻¹ de humato-K. Los efectos beneficiosos son explicados en función de la capacidad de las sustancias húmicas de actuar como donadores de electrones, de manera que pueden intervenir en la cadena respiratoria celular, incrementando el suministro de energía a las células.

En relación a este hecho Chukov, Talishkina y Nadporozhskaya (1996) estudiaron la relación entre los efectos fisiológicos de sustancias húmicas y su actividad paramagnética, o lo que es lo mismo, de su concentración de radicales libres. Según los autores, la concentración de radicales libres de las sustancias húmicas está directamente relacionada con la actividad fisiológica de las mismas. Sus estudios sobre germinación de semillas de lechuga en condiciones *in vitro*, muestran que el efecto beneficioso de sustancias húmicas y otros preparados bioactivadores, crecen simultáneamente a la concentración de radicales libres de dichos materiales, hasta una

cierta “dosis óptima”, a partir de la cual el efecto es inhibitorio. Csicsor *et al.* (1994) justifican el hecho de que los humatos potásicos son más efectivos que los ácidos fúlvicos por el hecho de que la concentración de radicales libres en los primeros es mayor, de manera que su influencia en la cadena respiratoria es superior.

Según Jurcsik (1994), el mecanismo de acción fisiológica consiste en la absorción de O_2 atmosférico por los radicales semiquinónicos, formándose radicales superóxido o hidrógenoperóxido, capaces de donar electrones a las cadenas respiratorias. Los electrones perdidos son repuestos por moléculas de agua, o por ciertos microorganismos del suelo (Lovley, Coates, Blunt-Harris, Phillips y Woodward, 1996).

2.2 EFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE EL DESARROLLO DE LA PARTE AÉREA

Aunque la influencia de las sustancias húmicas es más acusada sobre las raíces, existen numerosos estudios de su efecto sobre la parte aérea. Así Rauthan y Schnitzer (1981) estudiaron la incidencia de la aplicación de ácidos fúlvicos a la disolución nutritiva (Hoagland) de plantas de pepino. El resultado indica el óptimo crecimiento de los tallos para dosis de 100 a 300 $mg\ L^{-1}$. En ella se puede observar el efecto de “dosis óptima” (Dell’Agnola y Ferrari, 1971).

Chen, Magen y Riov (1994) al aplicar ácidos húmicos en dosis de 50 $mg\ L^{-1}$ sobre plantas de trigo en cultivo hidropónico, encontraron estímulos considerables en la producción de biomasa. Estos resultados son comparables a los de David, Nelson y Sanders (1994) al trabajar con plantas de tomate en disolución nutritiva y varios tratamientos húmicos.

Las fracciones más activas de las sustancias húmicas son las de menor tamaño molecular. Como muestran Albuzio, Concheri, Nardi y Dell’Agnola (1994) la fracción menor de 8 kDa, que es la más susceptible de ser absorbida por la raíz, en dosis de 150 $mg\ C\ L^{-1}$ es la que mejora de manera más significativa la producción de biomasa de

plantas de avena. De nuevo, en este caso, a dosis mayores el efecto pasa a ser inhibitorio. En concordancia con estos resultados están los de Retta, Sidari, Nardi y Cacco (1994) al trabajar con plantas de tabaco a las que se aplicaban diferentes fracciones moleculares de sustancias húmicas en comparación con auxinas y citoquininas.

Sin embargo, Dell'Amico, Masciandaro, Ganni, Ceccanti, García, Hernández y Costa (1994), observaron que las fracciones de menor tamaño molecular, incluso a dosis bajas, muestran efectos inhibitorios. En este caso trabajaron con fracciones húmicas procedentes de residuos urbanos compostados o frescos. Para este tipo de sustancias húmicas, particularmente las de residuos no compostados, las fracciones de bajo peso molecular presentan fitotoxicidades muy elevadas por la presencia considerable en ellas de ácidos orgánicos de bajo peso molecular, fenoles y otros (Wilson y Dalmat, 1986). Por ello el conocimiento del grado de estabilidad de la materia orgánica de los enmendantes es uno de los aspectos más importantes para el entendimiento de su actuación sobre el desarrollo vegetal (Pascual, Ayuso, Hernández y García, 1997).

2.3 EFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE LA ABSORCIÓN DE MACRONUTRIENTES

El efecto estimulante de las sustancias húmicas sobre el crecimiento de las plantas ha sido comúnmente relacionado con el aumento de la absorción de macronutrientes (Guminsky, Sulej y Glabiszewski, 1983). Gaur (1964) encontró incrementos en la absorción de N, P y K, y descensos en la toma de Ca en plantas de *Lolium perenne* L. tratadas con ácidos húmicos de compost. En otro estudio realizado sobre plantas de pepino. Rauthan y Schnitzer (1981) cultivaron sus plantas en disolución de Hoagland, conteniendo hasta 2000 mg L⁻¹ de ácidos fúlvicos. Los tratamientos incrementaron la absorción de N, P, K, Ca y Mg en los tallos y N en las raíces. La máxima absorción de todos estos elementos fue obtenida a concentraciones de 100 a 300 mg L⁻¹.

Igualmente David *et al.* (1994) observaron que la adición de 1280 mg L⁻¹ de ácidos húmicos producía incrementos en los niveles foliares de P, K, Ca, Mg y radicales de N

y Ca en plantas de tomate fertirrigadas. Sánchez-Conde y Ortega (1968), empleando plantas de pimiento regadas con disoluciones que contenían 8, 80 y 100 mg L⁻¹ encontraron incrementos en la toma de N, P y Mg, y descensos en la toma de K, Ca y Na.

El Mg se absorbe mejor por las plantas a pH 5 que a pH 7, aunque los humatos favorecen dicha absorción a ambos pH. La acción negativa mostrada por un inhibidor metabólico como el 2,4-dinitrofenol, demuestra que los ácidos húmicos actúan a través de procesos metabólicos (Sánchez-Andreu, Jordá y Juárez, 1994).

En relación al N, García-Serna, Juárez, Jordá y Sánchez-Andreu (1996) muestran como, aplicando mediante pulverización de disoluciones concentradas, sustancias húmicas sobre gránulos de urea, la liberación del N al suelo era más paulatina. En trabajos de Barón, Benítez y González (1995), con cultivo de trigo cv. Cajeme, dichos autores observaron cómo se manifiesta un efecto positivo de la adición de sustancias húmicas al suelo sobre la absorción de N y P, y algo menos en el caso del K, no sólo en los análisis foliares sino también en los análisis de grano.

En el caso concreto del P, Lee y Bartlett (1976) muestran que la adición de humatos cálcicos en dosis de 85 mg L⁻¹ a una disolución nutritiva favorece la absorción de P por la planta. Posiblemente se deba al hecho de que los ácidos húmicos sean capaces de formar películas protectoras sobre las superficies del suelo donde éste se retiene o por la capacidad quelante de las sustancias húmicas sobre Al, Ca y Fe, los cuales forman fosfatos insolubles, de manera que se impide dicha formación (Sánchez-Andreu, *et al.*, 1994).

Este hecho fue corroborado por Wang, Wang y Li (1995) al observar que la aplicación conjunta de fertilizantes fosforados y ácidos húmicos a un suelo alcalino, aumentaba el contenido de fósforo soluble en agua de manera significativa desde 106 ppm de P en los suelos sin fertilización, a 1458 ppm de P en los suelos con fertilización fosfórica y 1695 ppm de P en los suelos con fertilización conjunta fosfórica más ácidos húmicos.

En estos mismos términos se expresan Hafidi, Checkouri, Kaemmerer, Revel y Bailly (1997), los cuales muestran un efecto positivo de la absorción de P en plantas de *Lolium italicum* cv. Barspectra por la adición al suelo de sustancias húmicas procedentes de turbas. Dicho efecto se acentúa con la utilización de sustancias húmicas tratadas con óxidos de nitrógeno (NOx) para aumentar su contenido de grupos funcionales. La explicación para suelos ácidos es la misma que dan Sánchez-Andreu *et al.* (1994), mientras que para suelos neutros, las sustancias húmicas son capaces de adsorber aniones de P facilitando así su absorción por parte de la planta.

En trabajos realizados en el Departamento de Agroquímica y Bioquímica de la Universidad de Alicante (Bermúdez, Juárez, Sánchez-Andreu y Jordá, 1993), se comprobó cómo la adición de una sustancia húmica comercial procedente de lignitos a gránulos de fertilizantes fosforados (fosfato monoamónico, y en menor medida triple 20) en concentraciones de un 1% incrementaba la biodisponibilidad del P en suelos calizos donde, en condiciones normales, es fuertemente retenido.

Además de las ya mencionadas, existen varias referencias bibliográficas que muestran la influencia de la aplicación de sustancias húmicas sobre la absorción de cationes y aniones por diferentes cultivos. Este efecto, se explica, no sólo por una intervención indirecta de las sustancias húmicas, es decir, por la mejora de las condiciones físico-químicas del suelo; sino también por un efecto directo, de origen metabólico sobre la planta. Así Piccolo, Nardi y Concheri (1992) distinguen entre diferentes fracciones de sustancias húmicas, y muestran que son aquellas con una mayor concentración de grupos funcionales ácidos y de un menor tamaño molecular, las más activas a la hora de promover la absorción de nutrientes como el N.

2.4 EFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE LA ABSORCIÓN DE MICRONUTRIENTES

Según Chen y Stevenson (1986), los metales de transición como Cu, Zn, Fe, Mn y otros son capaces de formar complejos con las sustancias húmicas. Este hecho puede convertirse en uno de los motivos fundamentales que justifique su empleo en zonas de

suelos alcalinos, como los de las áreas mediterráneas, donde los problemas de micro carencias, particularmente de Fe, son de los más graves con los que se enfrentan los agricultores.

David *et al.* (1994) observaron incrementos en los niveles foliares de Fe, Mn y Zn en plantas de tomate que crecieron en disolución nutritiva por la adición a la misma de 1280 mg L^{-1} de ácidos húmicos.

El hierro ha sido uno de los micronutrientes más estudiados, en relación a la clorosis férrica. Las sustancias húmicas no sólo incrementan la solubilidad del Fe en la disolución, sino que también afectan a la translocación del Fe de las raíces a los tallos (Dekock, 1955). Aso y Sakai (1963) encontraron que plantas de arroz y maíz en cultivo hidropónico, con disoluciones nutritivas a pH 7, presentaban síntomas cloróticos, incluso tras la adición de ácidos húmicos enriquecidos con amonio. Sin embargo, la adición de sustancias húmicas con Fe (III) complejado, eliminó dichos síntomas casi en su totalidad. En ese mismo sentido Lee y Bartlett (1976) encontraron que concentraciones de 5 mg L^{-1} de humato sódico en la disolución nutritiva de plantas de maíz, que crecían en cultivo hidropónico, aumentaba los rendimientos de producción, así como la concentración de Fe, tanto en la raíz como en la parte aérea.

El efecto de las sustancias húmicas en la absorción de Zn y Cu por plantas de remolacha fue estudiado por Vaughan y McDonald (1976) empleando discos de tejido parenquimático. La adición de sustancias húmicas redujo ligeramente la absorción de Zn cuando las concentraciones sobrepasaban los 25 mg L^{-1} de ácidos húmicos. Concentraciones menores no mostraron ningún efecto. Sin embargo, Jalali y Takkar (1979) encontraron que empleando plantas enteras, la absorción de Cu, Zn y Fe se veía incrementada por la adición de estos materiales orgánicos.

Albuzio *et al.* (1994) también encontraron aumentos en los niveles foliares de Fe en plantas de avena tratadas con sustancias húmicas de diversos tamaños moleculares, correlacionando los mismos con las concentraciones foliares de clorofila. Pero en

muchos casos, la aplicación de sustancias húmicas se traduce en una inhibición de la toma de algunos micronutrientes, o en la reducción de los efectos tóxicos de algunos metales pesados, tal y como muestran Ullah y Gerzabek (1991) para Cd, Ni y V, debida a la formación de complejos de gran estabilidad con fracciones húmicas de gran tamaño que no son solubles. Por consiguiente, la proporción de las fracciones moleculares en un material húmico dado es decisiva en este aspecto. Es decir, que la solubilidad (tamaño molecular) de las fracciones de una sustancia húmica es un factor determinante para que tenga lugar el aumento o la inhibición de la absorción.

Así, White y Chaney (1980) controlaron la absorción de Zn, Cd y Mn en dos suelos enmendados con Zn y Cd. Los suelos contenían un 1.2% y 3.8% de materia orgánica cada uno. Los efectos tóxicos en las plantas se redujeron significativamente para las que se desarrollaban en el de mayor contenido de materia orgánica, debido a la inmovilización de los metales por fracciones orgánicas de elevado peso molecular. Sin embargo, empleando complejos húmicos de Fe, Zn, Cu o Mn se incrementaba considerablemente la absorción de dichos elementos esenciales por los cultivos (Rauthan y Schnitzeret, 1981).

2.5 EFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE LAS MEMBRANAS CELULARES

El estímulo mostrado en la absorción iónica por tratamientos húmicos ha provocado que muchos investigadores propongan, que estos productos afectan a la permeabilidad de las membranas debido a sus propiedades surfactantes (Vaughan y Mcdonald, 1971; 1976). Ya en la primera mitad de siglo, Prozorovskaya (1936) demostró que la exoósmosis de azúcares a través de algunas raíces se veía incrementada por la presencia de ácidos húmicos, y concluyó que los ácidos húmicos aumentan la permeabilidad de las membranas con el consiguiente incremento en la absorción de nutrientes.

El modo de acción de las sustancias húmicas sobre las membranas no está definido, aunque está probablemente relacionado con la actividad superficial de las mismas (Chen y Schnitzer, 1978). Actividad resultante de la presencia de "zonas moleculares" de carácter hidrofóbico y otras de carácter hidrofílico. De esta manera las sustancias húmicas pueden interaccionar con los fosfolípidos de membrana y actuar como transportadores de nutrientes al medio celular. Otro posible modo de acción sobre la permeabilidad de las membranas es mediante una acción metabólica, desacoplando la fosforilación oxidativa en las propias membranas (Glass, 1975). Slesak y Jurek (1988) mostraron que las aplicaciones de ácidos húmicos afectaban a la actividad H^+ -ATPasa de raíces de trigo.

La acción de las sustancias húmicas sobre las membranas puede, por consiguiente, favorecer procesos naturales como la selectividad de muchas plantas en la absorción de Na^+ . Cuesta (1994) encontró descensos en la toma de Na^+ en vid, al aplicar sustancias húmicas procedentes de residuos vegetales. Este hecho puede conferir a las sustancias húmicas cierto papel bioprotector frente a efectos nocivos del ambiente, como la salinidad (Chaminade, 1956).

2.6 EFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS SOBRE EL METABOLISMO ENERGÉTICO

Tanto la respiración como la fotosíntesis pueden ser aumentadas por la aplicación de sustancias húmicas. Sladky (1959) hizo crecer plantas de tomate en disolución nutritiva conteniendo ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y un extracto alcohólico de materia orgánica del suelo, produciendo altas concentraciones de clorofila. El oxígeno consumido se incrementó al compararlo con las plantas control. También se observó que los ácidos fúlvicos tienen un efecto mayor que los ácidos húmicos.

Albuzio *et al.* (1994) encontraron estímulos considerables en los niveles foliares de clorofilas, en plantas de avena tratadas con sustancias húmicas (150 mg L^{-1}) de peso molecular menor de 8 kDa. Este hecho lo explican mediante el aumento de la

disponibilidad del Fe, presente como quelatos, y por el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa.

El efecto de las sustancias húmicas sobre la respiración vegetal está muy relacionado con su capacidad de actuar como donadores/aceptores de electrones, y por consiguiente poder entrar en la cadena respiratoria (Chukov *et al.*, 1996; Lovley *et al.*, 1996).

2.7 EFECTOS DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN LA SÍNTESIS DE PROTEÍNAS, ÁCIDOS NUCLEICOS Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

Los cambios en la síntesis de ARN, fueron observados en secciones de raíces de guisante por Vaughan y Malcolm (1979). Bukvova y Tichy (1967) encontraron que los ácidos húmicos, en bajas concentraciones (10 mg L^{-1}), estimulaban la síntesis de la fosforilasa en plantas de trigo, inhibiéndola a concentraciones altas (100 mg L^{-1}).

La hipótesis de que las sustancias húmicas pueden actuar como hormonas y tener un efecto bioestimulante ha conducido a muchos investigadores a tratar el tema. Por ejemplo, Mato, Olmedo y Méndez (1972) comprobaron que las sustancias húmicas eran capaces de inhibir la actividad IAA-oxidasa, lo que contribuía a mantener grandes niveles de IAA en los tejidos, con el consiguiente estímulo del crecimiento.

Biondi, Figliolia, Indiati y Izza (1994), encontraron que la aplicación de ácidos húmicos, en dosis de 32 kg ha^{-1} , sobre plantas de trigo, aumentaba la actividad glutamato oxalacetato transaminasa (GOT) e inhibía la de la glutamato deshidrogenasa (GLDH). De esa manera, en el primer caso, se favorece la incorporación y la transferencia del amonio, y la síntesis de aminoácidos. Mientras que por otro lado se inhibe la acción catabólica de la GLDH.

2.8 REGULADORES DE CRECIMIENTO, HORMONAS Y BIOESTIMULANTES

Yupera (1988), expresa que los reguladores de crecimiento vegetal son compuestos orgánicos distintos de los nutrientes, que aplicados en pequeñas cantidades, estimulan, inhiben o modifican de cualquier otro modo los procesos fisiológicos de las plantas. Doug (1981), indica que los reguladores de crecimiento vegetal, son compuestos similares a las hormonas naturales de las plantas que regulan el crecimiento y el desarrollo; y ofrecen un potencial significativo para mejorar la producción o calidad de la cosecha de los cultivos.

González, Rasisman y Aguirre (1999), definen como hormona a cualquier producto químico de naturaleza orgánica que sirve de mensajero químico, ya que producido en una parte de la planta tiene como "blanco" otra parte de ella. Las plantas tienen cinco clases de hormonas, los animales, especialmente los cordados tienen un número mayor. Las hormonas y las enzimas cumplen funciones de control químico en los organismos multicelulares. Las fitohormonas pertenecen a cinco grupos conocidos de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe propiedades fuertes de regulación del crecimiento en plantas. Se incluyen al etileno, auxina, giberelinas, citoquininas y el ácido abscísico, cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta. Para Jensen y Salisbury (1994), las hormonas son moléculas orgánicas que se producen en una región de la planta y que se trasladan (normalmente) hasta otra región, en la cual se encargan de iniciar, terminar, acelerar o desacelerar algún proceso vital.

Los bioestimulantes son aquellos productos que son capaces de incrementar el desarrollo, la producción y/o crecimiento de los vegetales. Los bioestimulantes son compuestos a base de hormonas vegetales, fracciones metabólicamente activas y extractos vegetales conteniendo muchísimas moléculas bioactivas; usados principalmente para estimular el rendimiento, además existen bioestimulantes cuya composición se basa en aminoácidos, moléculas formadas de las proteínas y enzimas que existen en las plantas (Rojas y Ramírez, 1987; Biatti y Orlando, 2003; Epuin, 2004).

Epuin (2004) define a los bioestimulantes como complejos nutritivos que contienen micronutrientes, aminoácidos, extractos vegetales y hormonas de crecimiento; que se ofrecen en el mercado con la finalidad de hacer más eficientes los sistemas agrícolas productivos. Estos productos tienen como cualidades estimular a las plantas hormonalmente, promover el desarrollo radicular, resistencia a enfermedades, estimulación del desarrollo vegetativo, translocación de nutrientes y por consiguiente aumentos en el rendimiento.

Son sustancias que a pesar de no ser un nutriente, pesticida, o un regulador de crecimiento, al ser aplicado en cantidades pequeñas genera un impacto positivo en la germinación, desarrollo, crecimiento vegetativo, floración, cuajado y desarrollo de frutos (Saborio, 2002).

Se caracterizan principalmente por ayudar a las plantas a la absorción y utilización de nutrientes, obteniendo plantas más robustas que permiten una mayor producción y mejor calidad de las cosechas de hortalizas, cereales y ornamentales. Además son energizantes reguladores de crecimiento que incrementan a la vez los rendimientos, ayudando a la fotosíntesis, floración, desarrollo de yemas, espigas, fructificación y maduración más temprana (Velasquí, 1997).

Los bioestimulantes orgánicos en pequeñas cantidades son capaces de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de la planta, sirviendo para las siguientes actividades agronómicas: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de la cosecha (Suquilanda, 1996).

Suquilanda (1996), indica que el uso de bioestimulantes orgánicos en la agricultura es cada vez más frecuente por la demanda nutricional de los cultivos de altos rendimiento, donde el objetivo generalmente es suplir los requerimientos nutricionales en épocas

críticas (caso micronutrientes esenciales), acortar o retardar ciclos en la planta e inducir etapas específicas fenológicas, además, de que contrarrestan condiciones de estrés en la planta, aporte energético en etapas productivas y nutrición foliar, encaminadas a mejorar directamente los procesos de absorción, transporte y transformación de los nutrientes en la hoja, tallos o frutos, donde se aprovecha los mecanismos de toma pasiva y activa que ocurre en estos órganos, las concentraciones en la aplicación de estos bioestimulantes orgánicos pueden variar entre 25% a 10% y dependen de la técnica, el nutriente y la frecuencia de aplicación, bien sea para activar o retardar procesos fisiológicos específicos, principalmente en el crecimiento (raíz, ápices foliares, yemas) o para contrarrestar demandas energéticas en el desarrollo del cultivo.

2.9 FORMULACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE BIOESTIMULANTES

Existen diversos tipos de formulación de bioestimulantes. Unos químicamente bien definidos como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos; los complejos como los extractos de algas o ácidos húmicos, contienen los elementos ya mencionados, pero en combinaciones y concentraciones diferentes. Entre los biofertilizantes y bioestimuladores obtenidos se destacan: *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, Fosforina y Micorrizas, algunos de ellos en fase de producción industrial y aplicación generalizada, lo que ha permitido reducir apreciablemente el consumo de fertilizantes inorgánicos (Saborio, 2002).

A través de técnicas genómicas modernas pueden desentrañarse algunos de los mecanismos de funcionamiento de estos productos. La identificación de genes cuya expresión es afectada por un tratamiento en particular ayuda a predecir el modo de acción de un compuesto, lo que ayuda a desarrollar nuevos productos, y a caracterizar los ya en existencia, y así corroborar si los argumentos de venta de los fabricantes son verdaderos o falsos. Los ensayos biológicos con protocolos estandarizados son también una herramienta idónea para realizar esta caracterización y se realizan para

medir el efecto de alguna sustancia en un organismo vivo (www.fertilizar.org.ar/2011/ediciones/FERTILIZARN19.pdf).

Dado que los bioestimulantes activan procesos metabólicos, su actividad puede medirse sobre los organismos vivos, sean microorganismos, como bacterias del suelo, células o tejidos “in vitro”, o plantas completas. Los métodos desarrollados por la Dra. Benedetti, Directora del CRA Research Center for Plant Sciences, dependiente del Ministerio de Agricultura de Italia, son innovadores para determinar si el efecto de un producto determinado se debe a una hormona, a los bioestimulantes o a los fertilizantes. Para detectar si el efecto se debe a hormonas se hacen análisis de crecimiento de raíces, si es bioestimulantes se hacen tests de actividad microbiana y si es actividad génica, se hace el test de micronuclei. Cada método debe realizarse usando diferentes dosis de producto, con rangos que van desde unas centésimas a miles de ppm. Para hormonas las dosis oscilan entre 0 y 0.1 ppm, para bioestimulantes las respuestas se esperan entre 1 y 10 ppm y para nutrientes, las dosis son cercanas a 1000 ppm. La Dra. Benedetti realizó estos bioensayos con más de 100 productos del mercado europeo que iban desde proteínas hidrolizadas de origen vegetal, extractos de algas y mezclas de proteínas de origen animal y vegetales. Estos bioensayos permitieron discriminar las diferentes actividades de productos hormonales, bioestimulantes, nutricionales y sus combinaciones (www.fertilizar.org.ar/2011/ediciones/FERTILIZARN19.pdf).

2.10 EXTRACTOS VEGETALES

Uno de los extractos vegetales más conocidos son los derivados de algas marinas. En África del Sur, la industria del alga marina se basa en *Ecklonia* y *Laminaria*. El quelpo se utiliza extensamente como fertilizante. *Ecklonia máxima* incluso se utiliza como suplemento alimenticio para los animales; también se cosecha para la producción de un estimulante muy acertado del crecimiento vegetal y se ha demostrado que es una fuente de microelementos (Maneveldt y Frans, 2003). Horneman (2002) afirma y

agrega que los productos que salen de *Ecklonia máxima* son para la alimentación animal, ingredientes de alimentos y fertilizantes; y las aplicaciones que tienen es como ingrediente industrial y como biopolímero.

Los fertilizantes de origen marino fueron antiguamente utilizados en Oriente. Según varios documentos, la utilización de los fertilizantes de origen marino apareció en Europa en el siglo IV (Cabioch, 1976). En concreto, las algas marinas, se utilizan desde hace tiempo como aditivos para suelos; actúan como acondicionador del suelo por su alto contenido en fibra y como fertilizante por su contenido en minerales. Según varios autores, entre ellos Crouch y Van Staden (1993), y López (1999), las algas marinas así como sus derivados, se utilizan gracias al alto contenido en NPK y en todos los macroelementos y microelementos (trazas en algunos casos), además de 27 sustancias naturales cuyo efecto es similar a los reguladores del crecimiento de las plantas: vitaminas, carbohidratos, proteínas y sustancias biocidas que actúan contra algunas enfermedades. Las algas pardas de grandes dimensiones: especies de los géneros *Laminaria* y *Ascophyllum* en Europa, *Sargassum* en países más cálidos como Filipinas, son las más utilizadas, pero la aparición de productos químicos sintéticos ha reducido su mercado. Las algas pardas como *Ascophyllum nodosum*, muy conocidas, abundan en las aguas más frías de Irlanda, Escocia, Noruega y Canadá.

2.11 EFECTOS DE LAS ALGAS MARINAS

Los efectos conseguidos por los productos formulados a base de algas marinas como bioestimulantes de las plantas son: aumento del crecimiento de las plantas (Blunden, 1991; Jeannin, Lescure y Morotgaudry, 1991; Arthur, Stirk y Vanstaden, 2003), adelanto de la germinación de las semillas (El-Sheekh, & El- Saied, 2000), retrasan la senescencia, reducen la infestación por nemátodos (Featonby-Smith y Van Staden, 1983), incrementan la resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas (Kuwada, Ishii, Matsushita, Matsumoto & Kadoya 1999). Los extractos de algas marinas son ricos en citoquininas y auxinas, fitorreguladores involucrados en el crecimiento y en la

movilización de nutrientes en los órganos vegetativos (Hong, Chen & Cheng, 1995). Otros beneficios de la aplicación de los extractos de algas en los cultivos son los de mejorar el crecimiento de las raíces (Jones y Van Standen, 1997), incrementar la cosecha de frutos y semillas (Arthur, stirk y vanstaden, 2003; Zurawicz, Mazny & Basak, 2004), e incrementar el grado de maduración de los frutos (Fornes, Sánchez-Perales & Guardiola, 2002).

Varios trabajos, entre ellos aquellos realizados por Lizzi, Coulomb & Polian (1998) han demostrado que la aplicación foliar de extractos del alga *Ascophyllum nodosum* reducen significativamente la infección por mildiu en hojas infectadas por *Phytophthora capsici* y *Plasmopara viticola*. Los mismos autores han demostrado un aumento del contenido de peroxidasas y de la concentración de fitoalexinas, ambos marcadores de la resistencia, en las hojas de pimiento. Más recientemente, en un trabajo publicado por Zhang y Ervin, 2004, demostraron por primera vez la presencia de citoquininas en los extractos de algas y que su aplicación induce un aumento de la concentración endógena del nivel de citoquininas, lo que posiblemente es la base de la mejora contra la sequía de la hierba estudiada 'Bentgrass'.

2.12 DIFERENCIAS ENTRE EXTRACTOS DE ALGAS

Ni todas las algas son iguales, ni todas están elaboradas con el mismo procedimiento. Los resultados que se pueden obtener con el aporte de extractos de algas están estrictamente relacionados con el proceso de la elaboración de los derivados de algas marinas. Efectivamente, se ha comentado también, que cuando el proceso para la elaboración de los derivados de algas marinas es el adecuado, los microorganismos que viven asociados con ellas permanecen en estado viable y se pueden propagar donde se aplican incrementando las cantidades de los elementos y de las sustancias que contienen, potenciando su acción siempre de forma totalmente natural.

2.13 USO DE BIOESTIMULANTES EN LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS

La eficacia de los bioestimulantes se ha estudiado en numerosas investigaciones y bajo distintas condiciones agroecológicas; aplicaciones de bioestimulantes que han sido hechas en una amplia variedad de cultivos, desde cultivos hortícolas, frutales hasta cultivos tradicionales (Vaca, 2011).

2.13.1 Uso de bioestimulantes en cultivos de gramíneas

Rosemberg (1984), evaluó los bioestimulantes Raimul y Frecop, en comparación con una fertilización nitrogenada en el cultivo del maíz. De acuerdo a los resultados, el bioestimulante Raimul fue el de mayor efectividad en cuanto a rendimiento y características agronómicas, se recomienda su utilización en dosis de 800 cc/ha. En general la aplicación de agentes biológicos y de fertilización nitrogenada, influyeron positivamente en el comportamiento del maíz.

El uso del bioestimulante a base de extracto de algas marinas, aplicado foliarmente sobre un cultivar de maíz, aumentó la producción y favoreció el crecimiento de la raíz. De dos ensayos conducidos en 1996, las producciones fueron aumentadas en un 10% respecto al testigo (no aplicación) (Hoffman, 1997).

Aranda (1989) evaluó la influencia del bioestimulante folsisteina en el cultivo de arroz. Según los resultados el mejor tratamiento fue el de 300 cc/ha del bioestimulante al 5 por ciento de floración, que produjo 8,227 kg/ha, frente al testigo absoluto, cuyo rendimiento fue 5,054 kg/ha, también se deduce que en todos los tratamientos que se utilizó el bioestimulante, se manifestaron resultados superiores a los del testigo absoluto.

2.13.2 Uso de bioestimulantes en cultivos de leguminosas

Coque (2000) evaluó cuatro bioestimulantes (Ecosane, Ácido húmico, Biol, Stimplex más testigo) en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). De acuerdo a los resultados, la altura de plantas presentó una ligera diferencia entre Ecosane con 14.40 cm y el resto de productos con 13.23 cm de altura. En los días a la floración se pudo observar que Ecosane presentó menores días a la floración, para longitud de vaina y el número de vainas por planta se observó que Ecosane fue el mejor bioestimulante. El mejor rendimiento lo presentó Ecosane con 10.07 t/ha.

Se evaluó el efecto de la aplicación de un bioestimulante (Biostan) en el crecimiento y desarrollo de siete variedades de frijol. Se definieron ocho variables de estudio: longitud y grosor del tallo, número de hojas, así como el rendimiento y sus componentes, además de realizarse un análisis de los componentes principales. Los resultados obtenidos reflejan un efecto favorable del bioestimulante en todas las variables evaluadas, destacándose las variedades Porrillo sintético, CIAP 7247 e Ica pijao con un rendimiento de 1.57; 1.17 y 1.15 t/ha, respectivamente (Villa, 2006).

2.13.3 Uso de bioestimulantes en otros cultivos

Se estudio el efecto de cinco bioestimulantes (Bio-solar, Novaplex, Rootplex, Ergostim y Cytoking) en el rendimiento de dos variedades de alcachofas (*Cynara scolymus* L.) (Green Globe y Lorca). De acuerdo a los resultados, los mejores rendimientos se obtuvieron con la variedad Lorca 13,745 kg/ha y el bioestimulante que mejores resultados provocó fue Novaplex con 16,405 kg/ha. En los días a la cosecha la variedad más precoz resultó ser Lorca con 159.1 días y el mejor bioestimulante fue Novaplex con 156.9 días. En el análisis económico arrojó que el mejor tratamiento fue la variedad Lorca y el bioestimulante Novaplex con una relación B/C de USD 3.41 (Baroja y Benítez, 2008).

Se realizó un análisis comparativo de cinco programas de aplicación de bioestimulantes naturales (Crop plus, Kelpak, Proferí, Aminobox 8N, Aminobox 8K, Naturbox, Bioplus

extra, Auxym, Reptsul y Spimplex), a través de aspersiones foliares, cuyo objetivo fue analizar el efecto sobre la calidad de uva de mesa, cultivares Thompson Seedles y Flame Seedles. Los resultados obtenidos mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas para las variedades, peso de racimo, peso de bayas y sólidos solubles. Respecto al diámetro ecuatorial, el diámetro polar y el peso del raquis obtuvieron diferencias significativas, destacándose los tratamientos 6 (Crop plus), 3 (Kelpak + Profert) y 2 (Aminobox 8N + Aminobox 8K + Naturbox) respectivamente por sobre los demás tratamientos (Gana y Ramírez, 2000).

El estudio comparativo de bioestimulantes en el desarrollo y rendimiento de melón en la región costa (Kelpak, Terrasorb, Zoberaminol y Profert). Experimento que constó de tres momentos de aplicación: 1) aplicación de bioestimulante por inmersión de plántulas en pretrasplante, no habiendo diferencias significativas; 2) aplicación de bioestimulante por riego de plántulas en pretrasplante, donde Kelpak (al 5%) fue superior su rendimiento significativamente en un 10% respecto al testigo y 3) aplicación de bioestimulante al follaje en post-trasplante, donde Kelpak (al 5%) fue el único bioestimulante significativamente superior en peso seco radicular al testigo (Figueroa, 2003).

En un estudio hecho sobre el efecto del uso de un bioestimulante a base de algas marinas sobre el rendimiento de dos cultivares de papas, Desirée y Pukara, destinados a la producción de consumo en el área de riego del llano central de la IX Región de Chile, utilizando como tratamiento a: 1) Kelpak a la semilla (inmersión del tubérculo), Kelpak en dosis de 2 L/ha, aplicado foliarmente 10 días después de la emergencia, 2) Kelpak en dosis de 2 L/ha, aplicado foliarmente mezclado con 2 kg/ha de NPK 10 días después de la emergencia, 3) Kelpak en dosis de 2 L/ha, aplicado foliarmente 30 días después de la emergencia, 4) Kelpak en dosis de 2 L/ha, aplicado foliarmente mezclado con 2 kg/ha NPK 30 días después de la emergencia y el tratamiento testigo (Basly, 2003).

Del anterior estudio no se encontró diferencias estadísticamente significativas en: porcentaje de emergencia, número de tallos por planta, porcentaje de materia seca de los tubérculos y distribución de tubérculos por categorías. Solo se encontró diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos cuando se evaluó el rendimiento comercial de los cultivares; aumentando éste en un 16% promedio cuando se utilizó Kelpak a la semilla en dosis de 2 L/ha. Otro parámetro que el autor encontró diferencias estadísticamente significativas fue el rendimiento total; éste se vio aumentado en un 12% cuando se uso Kelpak a la semilla en dosis de 2 L/ha, en un 13% al usar Kelpak en dosis de 2 L/ha, aplicado foliarmente 30 días después de la emergencia y en un 15% al usar Kelpak en dosis de 2 L/ha + 2 kg/ha de NPK a los 30 días de emergida las plantas (Basly, 2003).

El efecto de diferentes productos bioestimulantes (Zoberaminol Plus, Biotonico, Hungavit, Vitaphos) sobre el calibre, calidad y precocidad de tomate primor, aplicándolos foliarmente y a la raíz en los estados de primer, segundo y tercer racimo en botón, fueron evaluados Vitaphos y Zoberaminol Plus en aplicaciones dirigidas al follaje, en dosis de 0.15%. Se concluyó bajo las condiciones de ensayo de aplicación foliar, que los tratamientos no varían significativamente el rendimiento de calibre extra, súper, segunda y precalibre, con respecto al testigo, en el calibre tercera en cambio, Vitaphos y Zoberaminol Plus, ambos en segundo botón, muestran descensos en la producción, con respecto al testigo. En el ensayo de aplicaciones a las raíces, fueron evaluados Vitaphos, Zoberaminol Plus, Hungavit y Biotonico, en concentraciones de 0.15%, 0.15%, 1% y 1% respectivamente, concluyéndose que todos los tratamientos afectaron todos los calibres, con respecto al testigo. El precalibre disminuyó con aplicaciones de Vitaphos y Zoberaminol plus en primer botón con respecto al testigo (Arancibia, 1998).

En cebolla aplicaciones foliares de Biozyme en dosis de 3 L/ha a los 30, 70 y 110 días del trasplante se vieron aumentos en volumen de los bulbos y en un 3% en el rendimiento, no siendo éste significativo (Rojas y Ramírez, 1987).

En un estudio llamado Optimización de sistemas de conservación *in vitro* de cultivares de papa; se utilizaron fitorreguladores hormonales que retardaban el crecimiento, evaluando el comportamiento de distintos cultivares en cuanto a su desarrollo radicular, número de brotes, altura de la planta y coloración del follaje. Los resultados obtenidos mostraron que hubo diferencias estadísticamente significativas utilizando fitorreguladores en la altura de los brotes y coloración del follaje y hubo diferencias estadísticamente significativa entre los cultivares para el número de brotes y el desarrollo radicular. Determinando que hay una serie de características no influida por el uso de fitorreguladores hormonales (Caniggia, 1997).

Diferencias notorias se encontraron al evaluar el efecto de un fitorregulador a base de GA (giberelinas) en el rompimiento del reposo vegetativo de semillas de papa; aplicaciones a los tubérculos de este fitorregulador mostró claras ventajas en la interrupción del letargo. Plantas que además iniciaron antes la tuberización en comparación a plantas que no le habían tratado la semilla (Guglielmetti y Gutiérrez, 1988).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), como todo cultivo agrícola, se ve afectado por diversidad de factores que influyen negativamente en su crecimiento y desarrollo. Algunos de ellos pueden originarse por el manejo inadecuado de los suelos, lo que ha traído como consecuencia la paulatina disminución del componente orgánico, que a su vez es causa de la degradación de las propiedades del suelo y de la disminución de la actividad microbiológica, indispensable para que se completen los ciclos de los nutrimentos.

Por otra parte, es común observar en diferentes plantaciones de caña de azúcar, un pobre crecimiento radicular, lo que provoca una absorción nutrimental inadecuada, que afecta fuertemente el potencial productivo del cultivo.

La explotación agrícola actual se caracteriza por la búsqueda de la eficiencia en la producción sin sacrificar la calidad, puesto que en las labores normales que conlleva el desarrollo del cultivo se utilizan productos para el mejoramiento en la absorción de nutrientes y la utilización de sustancias que puedan inhibir, promover o de alguna forma modificar el desarrollo y el crecimiento de las plantas. En este sentido, el cultivo de caña de azúcar no debería ser la excepción,

Para que un cultivo exprese su mayor potencial productivo, es indispensable que el mismo disponga de un ambiente (clima y suelo) apropiado para su crecimiento y desarrollo.

Algamar Plus se reporta como un precursor hormonal, que aporta beneficios de bio-estimulación para la formación de raíces, mayor movilidad de los nutrientes, resistencia al estrés ambiental, concentración de azúcares, mejorador del suelo, resistencia a enfermedades e incrementa los rendimientos. Por lo anterior, es necesario generar

recomendaciones para un mejor aprovechamiento de las bondades de Algamar Plus, por lo que en el presente trabajo se planteó la evaluación de diferentes períodos de aplicación de dicho producto.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de Algamar Plus sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de caña de azúcar.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el efecto de diferentes períodos de aplicación de Algamar Plus, sobre la población y altura de plantas, diámetro de tallo y número de entrenudos en caña de azúcar.
- ✓ Cuantificar la longitud y biomasa de raíces en caña de azúcar, tratada con Algamar Plus, aplicado en diferentes períodos del cultivo.
- ✓ Cuantificar el rendimiento de caña de azúcar en diferentes tratamientos de aplicación de Algamar plus.

V. HIPÓTESIS

Al menos con uno de los tratamientos a evaluar se obtendrá una mayor población y altura de plantas, diámetro de tallo y número de entrenudos en caña de azúcar.

Por lo menos en uno de los tratamientos a evaluar la longitud y biomasa de raíces serán mayores.

Al menos con uno de los tratamientos a evaluar, el rendimiento de caña de azúcar será mayor.

VI. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó en el lote 4260102 (0.7 hectáreas de área) de la finca Caulote, La Gomera, Escuintla (Figura 1). Este sitio presenta una temperatura máxima de 36 °C y una mínima de 32 °C, con una altitud de 62 msnm, latitud norte N 14° 03' 8.3'' y longitud oeste 91° 08' 17''.

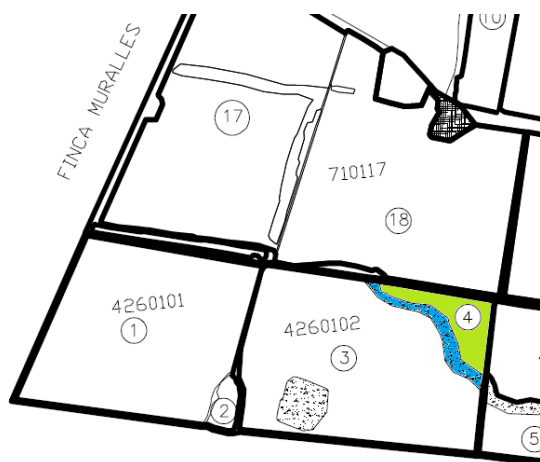


Figura 1. Localización del área experimental

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Bio-estimulante Algamar Plus

Es un poderoso aditivo cuyos ingredientes naturales aumentan la productividad de los cultivos en los que se aplica. Se obtienen mejores rendimientos, plantas más sanas fuertes y resistentes.

Variedad de caña de azúcar CP 722086

Es una de las variedades más resistentes a los herbicidas y plagas, por lo cual es la que más área de siembra posee en la agroindustria guatemalteca, se caracteriza también por sus altos rendimientos de caña.

6.3 FACTOR ESTUDIADO

En el presente trabajo se estudió un solo factor: Periodo de aplicación del bioestimulante Algamar Plus.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS

Se evaluaron seis tratamientos, los cuales se describen en el cuadro 1

Cuadro 1. Tratamientos de aplicación de Algamar Plus evaluados en caña de azúcar.

Tratamiento	Descripción del tratamiento
T1	3 L al momento de la aplicación de herbicidas (45 dds)
T2	3 L al momento de la siembra
T3	3 L al momento de la fertilización (40 dds)
T4	1.5 L al momento de la siembra + 1.5 L al momento de la fertilización
T5	1.0 L al momento de la siembra + 1.0 L al momento de la aplicación de herbicidas + 1.0 L al momento de la fertilización
T6	Testigo absoluto

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con seis tratamientos y cinco repeticiones.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

Para la investigación se utilizó el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}	=	Variable de respuesta
U	=	Media general del experimento
T_i	=	Efecto de los tratamientos
B_j	=	Efecto de las repeticiones
E_{ij}	=	Error experimental

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por 6 surcos de 1.5 metros de separación entre ellos, por 25 metros de largo, para hacer un total de 225 m² por unidad experimental.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

La distribución de los tratamientos en el campo se muestra en la figura 2.

R1	T1	T4	T5	T6	T3	T2
R2	T2	T6	T4	T5	T1	T3
R3	T5	T1	T3	T6	T4	T2
R4	T3	T5	T1	T2	T6	T4
R5	T4	T6	T3	T1	T2	T5

Figura 2. Distribución en el campo de los tratamientos evaluados.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Preparación del terreno

En el terreno donde se montó el ensayo se procedió a dar un paso de subsolado, uno de rome-plow y por último dos pasos de rastra, esto para romper la capa dura del suelo que queda después de la cosecha, la mecanización ayudo a mejorar la germinación de la caña .

6.9.2 Siembra

Se procedió a la siembra en cadena doble, con un distanciamiento de 1.5 m entre surcos, esta medida se consideró por las labores posteriores que fueron mecanizadas. A los dos días después de la siembra (dds) se aplicó riego por aspersión, para darle la temperatura y humedad adecuada a la semilla para que pudiera emerger la planta, luego se procedió con la aplicación de herbicida pre emergente para el control de malezas, para que las plantas no compitieran por humedad y nutrientes del suelo.

6.9.3 Fertilización

A los 40 días después de la siembra (dds) se realizó la aplicación de fertilizante, para brindarle a la planta la cantidad de nutrientes que necesitaba en su etapa de amacollamiento. A los 120 dds se evaluó el sistema radicular en los puntos de muestreo establecidos como referencia, en los cuales se tomaron las macollas a evaluar.

6.9.5 Control fitosanitario

Se realizó un control de plagas y enfermedades a los 90 dds para que el cultivo creciera en un ambiente libre de factores nocivos y que pudiera mostrar su mayor potencial. A los cinco meses de edad del lote, se procedió a realizar un muestreo de índice biométrico, en este estadio de la planta se evaluaron, la altura, diámetro de tallo, número de entrenudos y número de tallos por metro lineal. A los seis meses de edad se cosecharon los tratamientos.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

Población de tallos: Se contabilizaron los tallos en 10 metros lineales, tomados al azar dentro de la parcela neta.

Altura de planta (cm): En cinco puntos de muestreo por parcela, se tomaron al azar cinco tallos primarios; se midió de la base (o sea del suelo) a la primera lígula visible.

Diámetro de tallo (cm): En los tallos marcados en los puntos de muestreo, se midió el diámetro (se cuantificó el total de entrenudos o yemas, y según el total de entrenudos de cada planta, a la mitad se le tomó la medida del diámetro en centímetros).

Número de entrenudos por tallo: Se contabilizaron los entrenudos de todos los tallos de los 10 metros tomados al azar dentro de la parcela neta y se obtuvo el promedio respectivo.

Longitud de raíces (cm): Se tomó una macolla al azar y se midió la longitud de las raíces.

Biomasa de raíces (g): Se pesaron todas las raíces vivas y muertas de la macolla tomada al azar en los 10 metros del punto de muestreo.

Rendimiento de caña (t/ha): Se cuantificó el peso de caña de cada tratamiento.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

A cada una de las variables se les realizó un análisis de varianza. Cuando se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar una prueba de medias, utilizando para el efecto Tukey al 5% de probabilidad de error.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 POBLACIÓN DE TALLOS

El análisis de varianza para la población de tallos cuantificada en cada uno de los tratamientos evaluados, se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de varianza para población de tallos/ha en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob>F
Bloques	4	62871215	15717804	0.47	0.7539 ns
Tratamientos	5	183539348	36707870	1.11	0.3872 ns
Error	20	662465320	33123266		
Total	29	908875883			
C.V. (%)	6.8				

ns = diferencia no significativa

De acuerdo a los resultados, no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, es decir, la aplicación de Algamar Plus en diferentes estadios del ciclo de la caña de azúcar, no tuvo ninguna influencia sobre la población de tallos que se presentó en cada tratamiento. Entre repeticiones tampoco se marcaron diferencias significativas.

El comportamiento específico de cada uno de los tratamientos se muestra en la figura 3.

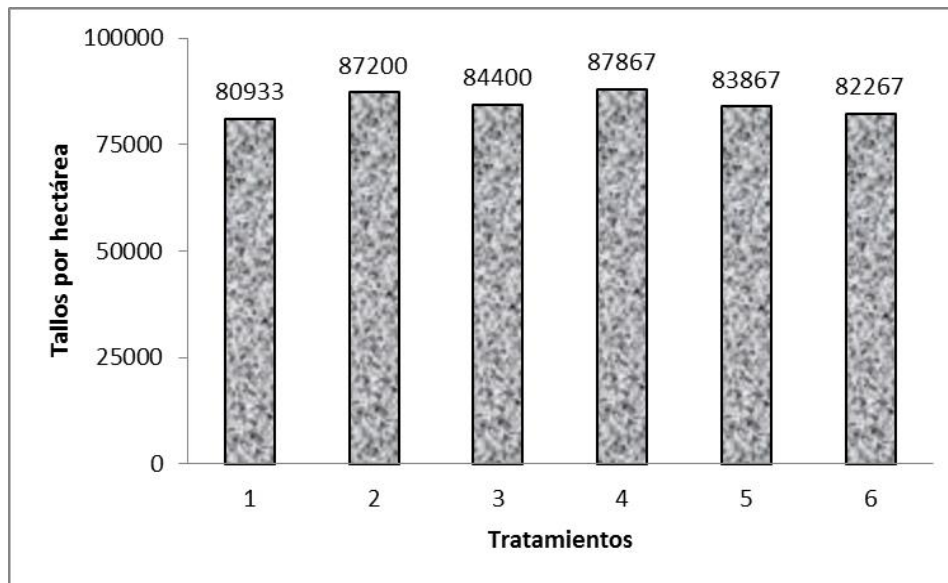


Figura 3. Tallos por hectárea, en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

De acuerdo a lo observado en la figura 3, hubo tendencia a mejorar la población de tallos, cuando el Algamar Plus se aplicó al momento de la siembra (1.5 litros) y al momento de la fertilización (1.5 litros) (tratamiento 4); o únicamente al momento de la siembra (3 litros) (tratamiento 2). Así mismo se observa tendencia a disminuir la población cuando la aplicación se hizo juntamente con el herbicida (tratamiento 1); esto se atribuye a que las plantas ya se encontraban en un estado avanzado de desarrollo, mientras que cuando se aplicó al momento de la siembra, los componentes del producto tuvieron más tiempo para ejercer su acción inductora de raíces.

7.2 ALTURA DE PLANTA

El análisis de varianza para la variable altura de planta, se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza para altura de planta (m), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob>F
Bloques	4	0.65845	0.16461	2.29	0.0950 ns
Tratamientos	5	0.96203	0.19241	2.68	0.0519 ns
Error	20	1.43531	0.07177		
Total	29	3.05579			
C.V. (%)	11.1				

ns = diferencia no significativa

Al igual que en la primera variable, los tratamientos evaluados no ejercieron ningún efecto significativo en la altura de las plantas; sin embargo, de acuerdo a lo observado en la figura 4, se marcaron algunas tendencias.

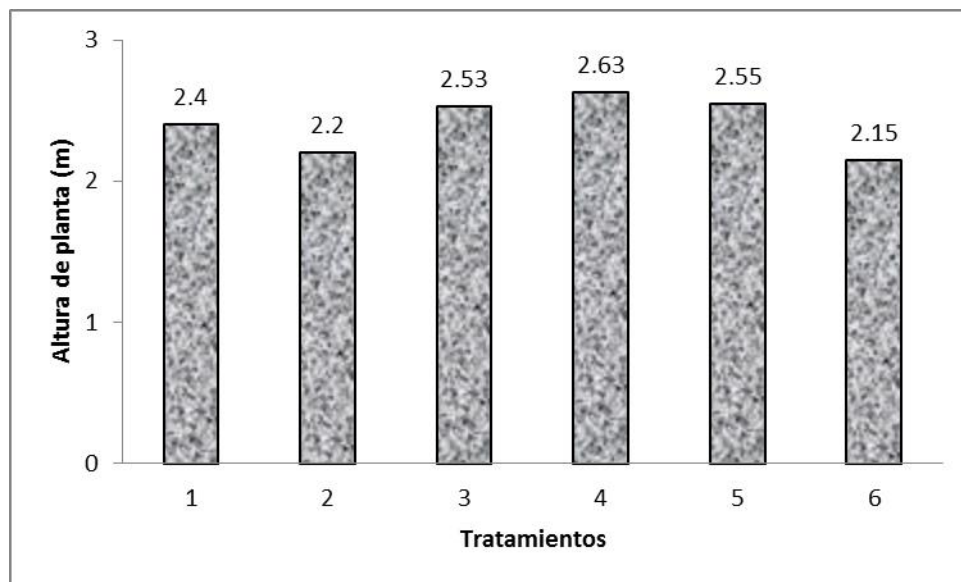


Figura 4. Altura de planta (m), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Los tratamientos que incluyeron aplicación de Algamar Plus al momento de la fertilización (tratamientos 3, 4 y 5) mostraron tendencia a incrementar la altura de la planta, en comparación con el tratamiento en el cual la aplicación se hizo al momento de la siembra (tratamiento 2), al momento de la aplicación de herbicidas (tratamiento 1), o que no incluyó aplicación del producto (tratamiento 6). Probablemente, Algamar Plus contribuyó a eficientar los nutrientes aplicados a través del fertilizante químico.

7.3 DIÁMETRO DE TALLO

Los resultados del análisis de varianza para la variable diámetro de tallo, se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob>F
Bloques	4	0.06813	0.01703	0.77	0.5562 ns
Tratamientos	5	0.60983	0.12197	5.53	0.0023 **
Error	20	0.44131	0.02207		
Total	29	1.11927			
C.V. (%)	6.4				

ns = diferencia no significativa

** = diferencia altamente significativa

Los mismos indican que la aplicación de Algamar Plus en diferentes estadíos de la caña en renovación, tuvo un efecto altamente significativo en el diámetro que presentaron los tallos. Por lo anterior, se procedió a realizar la respectiva prueba de medias, cuyos resultados se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Prueba de medias Tukey para diámetro de tallo (cm), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Tratamiento	Diámetro (cm)	Grupo estadístico
4	2.63	a
5	2.55	a
3	2.53	a
2	2.40	a
1	2.20	b
6	2.15	b

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

La prueba de medias indica que se formaron dos grupos estadísticos. En el primer grupo mayor se ubicaron los tratamientos 4, 5, 3 y 2, que tienen en común, que al menos una de las dosis del producto se aplicó al momento de la siembra o al momento de la fertilización. Por el contrario, en el segundo grupo se ubicaron los tratamientos 1 y 6, en el primero de ellos la aplicación se hizo juntamente con el herbicida (45 días después de la siembra), y en el segundo no se aplicó Algamar Plus (testigo absoluto).

7.4 NÚMERO DE ENTRENUDOS POR TALLO

Los resultados del análisis de varianza para la variable número de entrenudos por tallo se presentan el cuadro 6

Cuadro 6. Análisis de varianza para número de entrenudos/tallo, en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob>F
Bloques	4	0.48800	0.12200	0.34	0.8487 ns
Tratamientos	5	2.61867	0.52373	1.45	0.2489 ns
Error	20	7.20800	0.36040		
Total	29	10.31467			
C.V. (%)	7.1				

ns = diferencia no significativa

Al igual que en las variables de población y altura de planta, los tratamientos evaluados no ejercieron ningún efecto significativo en el número de entrenudos; sin embargo, de acuerdo a lo observado en la figura 5, se marcaron algunas tendencias.

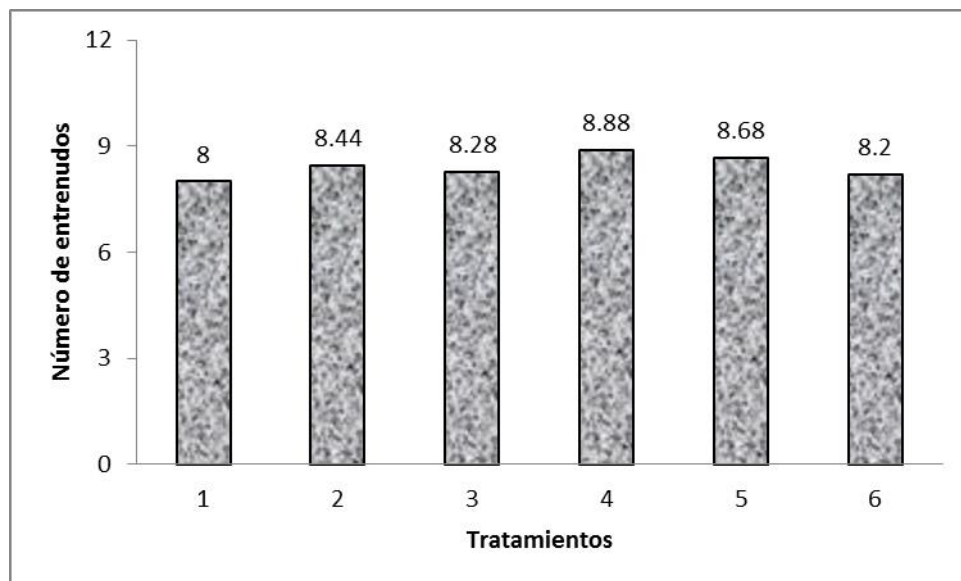


Figura 5. Número de entrenudos/tallo, en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Los tratamientos 4 y 5 mostraron una leve tendencia a incrementar el número de entrenudos por tallo, éstos tratamientos tienen en común que al menos una de las dosis del producto se aplicó al momento de la siembra o al momento de la fertilización. Por el contrario, el resto de los tratamientos no mostraron ninguna tendencia.

7.5 LONGITUD DE RAÍCES

El resultado del análisis de varianza practicado a los datos correspondientes a la longitud de raíces se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para largo de raíz (cm), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob>F
Bloques	4	131.13333	32.78333	0.60	0.6638 ns
Tratamientos	5	6179.36667	1235.87333	22.79	0.0001 **
Error	20	1084.46667	54.22333		
Total	29	7394.96667			
C.V. (%)	26.0				

ns = diferencia no significativa

** = diferencia altamente significativa

Los resultados del análisis de varianza indican que la aplicación de Algamar Plus en diferentes estadíos de la caña en renovación, tuvo un efecto altamente significativo en la longitud de raíces que presentaron las macollas de caña. Por lo anterior, se procedió a realizar la respectiva prueba de medias, cuyos resultados se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de medias Tukey para largo de raíz (cm), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Tratamiento	Largo de raíz (cm)	Grupo estadístico
4	54.40	a
5	40.20	a
2	24.80	b
3	18.80	b
1	18.00	b
6	14.00	b

* = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

La prueba de medias indica que se formaron dos grupos estadísticos. En el primer grupo se ubicaron los tratamientos 4 y 5, que tienen en común que en ambos la dosis

de algamar plus se fraccionò en dos o tres aplicaciones. Por el contrario, en el segundo grupo se ubicaron los tratamientos 1, 2 y 3, en los cuales la dosis del producto fue aplicada en una sola oportunidad, y el tratamiento 6, en el cual no se aplicó Algamar Plus (testigo absoluto).

7.6 BIOMASA DE RAÍCES

El análisis de varianza correspondiente a la biomasa de raíces se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de varianza para biomasa de raíces (g), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob>F
Bloques	4	156.53333	39.13333	4.16	0.0130 *
Tratamientos	5	6253.90000	1250.78000	132.87	0.0001 **
Error	20	188.26667	9.41333		
Total	29	6598.70000			
C.V. (%)	10.2				

* = diferencia significativa

** = diferencia altamente significativa

Los resultados del análisis de varianza indican que la aplicación de Algamar Plus en diferentes estadíos de la caña en renovación, tuvo un efecto altamente significativo en la biomasa de raíces que presentaron las macollas de caña. Por lo anterior, se procedió a realizar la respectiva prueba de medias, cuyos resultados se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Prueba de medias Tukey para biomasa de raíces (g), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Tratamiento	Biomasa de raíces (g)	Grupo estadístico *
4	52.2	a
5	45.6	b
2	29.0	c
3	22.0	d
1	21.0	d
6	10.8	e

* = medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

De acuerdo a la prueba de medias se formaron cinco grupos estadísticos; en el primero de ellos se ubicó el tratamiento 4 y en el segundo el tratamiento 5. Por otra parte, en el último grupo se encuentra el tratamiento 6 (testigo absoluto); por lo que se infiere que cualquiera de los tratamientos que incluyeron la aplicación de Algamar Plus estimularon el crecimiento de las raíces de la caña.

7.7 RENDIMIENTO DE CAÑA

El análisis de varianza para la variable rendimiento de caña se presenta en el cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de varianza para rendimiento de caña (t/ha), en la evaluación del efecto de Algamar Plus sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor "F"	Prob>F
Bloques	4	89.00759	22.25190	1.22	0.3351 ns
Tratamientos	5	484.52083	96.90417	5.30	0.0029 **
Error	20	365.90077	18.29504		
Total	29	939.42919			
C.V. (%)	6.5				

ns = diferencia no significativa

** = diferencia altamente significativa

Los resultados del análisis de varianza indican que la aplicación de Algamar Plus en diferentes estadíos de la caña en renovación, tuvo un efecto altamente significativo en el rendimiento de caña. Por lo anterior, se procedió a realizar la respectiva prueba de medias, cuyos resultados se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Prueba de medias Tukey para rendimiento (t/ha), en la evaluación del efecto de Algamar Plus, sobre el desarrollo y crecimiento en caña de azúcar en renovación. La Gomera, Escuintla, 2013.

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)	Grupo estadístico*
4	73.092	a
2	66.878	a
3	65.636	a
5	65.274	a
1	62.958	b
6	59.938	b

* = Medias con las misma letra son estadísticamente iguales.

La prueba de medias indica que los tratamientos 4, 2, 3 y 5, en que se aplicó al menos una fracción de la dosis de Algamar Plus al momento de la siembra y/o fertilización, mostraron un mayor rendimiento de caña, en comparación al tratamiento 1 (en el cual el Algamar Plus se aplicó al momento de la aplicación del herbicida), y el tratamiento 6 (testigo absoluto).

VIII. CONCLUSIONES

Ninguno de los tratamientos que incluyeron la aplicación de Algamar Plus incrementaron la población de tallos, la altura de planta y número de entrenudos por tallo. Se observó tendencia a que el tratamiento 4 (1.5 L al momento de la siembra + 1.5 L al momento de la fertilización), incrementa los valores de las variables mencionadas.

Se observó efecto significativo de los tratamientos sobre la variable diámetro de tallo. Este fue mayor en aquellos tratamientos en los cuales se aplicó al menos una fracción de Algamar Plus al momento de la siembra y/o fertilización (tratamientos 4, 5, 3 y 2)

Los tratamientos evaluados afectaron significativamente las variables longitud y biomasa de raíces. Sobresalieron los tratamientos en los cuales se aplicó 1.5 L de Algamar Plus en la siembra y 1.5 L al momento de la fertilización (tratamiento 4); así también la aplicación de 1 L al momento de la siembra, más 1 L al momento de la fertilización más 1 L al momento de la aplicación de herbicidas (tratamiento 5).

El rendimiento de caña fue afectado significativamente por los tratamientos evaluados. Este fue mayor en los tratamientos que incluyeron Algamar Plus, excepto cuando el producto se empleó hasta la aplicación de los herbicidas (tratamiento 1).

IX. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda la aplicación de Algamar Plus en caña de azúcar, utilizando 1.5 L a la siembra y 1.5 L al momento de la fertilización para incrementar el rendimiento de caña.

Conducir evaluaciones similares en las diferentes variedades de caña que se están utilizando actualmente en la agroindustria azucarera.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Albuzio, A; Concheri, G; Nardi, S y Dell'Agnola, G. (1994). Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oatseedlings grown in varied nutritional conditions. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Arancibia, F. (1998). Efecto de diferentes productos bioestimulantes sobre el calibre, calidad y precocidad de tomate para primor. Disponible en: <http://www.sidalc.com>. Consultado el 11 de mayo de 2013.
- Aranda, R. (1989). Influencia del bioestimulante folsisteina en el cultivo del arroz en la zona de Balao, provincia del Guayas. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil (Ecuador). Facultad de Ciencias Agrarias. pp 53-59.
- Arthur, G.D; Stirk, W.A. y Vanstaden, J. (2003). Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annum*. South African Journal of Botany 69: 207-211.
- Aso, S. y Sakai, I. (1963). Studies on the physiological effects of humic acid. 1. Uptake of humic acid by crop plants and its physiological effects. Soil Sci. Plant Nutr. 9, 85-91.
- Baroja, D. y Benitez, M. (2008). Efecto de cinco bioestimulantes en el rendimiento de dos variedades de Alcachofa (*Cynara scolymus L.*) Pimampiro-Imbabura. Tesis Ing. Agrp. Ibarra Universidad Técnica del Norte, Escuela de Ingeniería Agropecuaria. pp 80-85.
- Barón, R. Benítez, I.C. y González, J.L. (1995). Influencia de la dosis creciente de un abono orgánico en un cultivo de trigo. Agrochimica XXXIX, 5-6; 280-289.
- Basly, P. (2003). Efecto del uso de un bioestimulante a base de algas marinas en el rendimiento de dos cultivares de papas, Desirée y Pukara, Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias. Agropecuarias. Universidad de Nariño. pp 62.
- Bermúdez, D; Juárez, M; Sánchez-Andreu, J. y Jordá, J. (1993). Role Of Eddha And Humic Acids On The Solubility Of Soil Phosphorus. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24 (7&8) 673-683.
- Bietti, S. y Orlando, J. (2003). Nutrición vegetal. Insumos para cultivos orgánicos. Accesado el 20 de abril de 2013. Página Web.

- Biondi, F.A; Figliolia, A; Indiat, R. y Izza, C. (1994). Effects of fertilization with humic acids on soil and plant metabolism: a multidisciplinary approach. Note III: Phosphorus dynamics and behavior of some plant enzymatic activities. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Blunden, G. (1991). Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential. John Wiley & Sons Ltd. pp. 65-81.
- Bukvova, M. y Tichy, V. (1967). The effect of humus fractions on the phosphorylase activity of wheat (*Triticum aestivum* L.). Biol. Plant. 9, 401- 406.
<http://www.triavet.com.ar/insumos.htm>.
- Cabioch, J. (1976). Utilisation des Algues. Skol-Vreiz, 45:20-24.
- Caniggia, G. (1997). Optimización de sistema de conservación in vitro de cultivares comerciales de papa. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Tecnólogo en Agronomía. UACH. Valdivia-Chile. pp 142 Disponible en <http://www.sidalc.com>. Consultado el 11 de mayo de 2013.
- Chaminade, R. (1956). Humus Et Fertilité Des Sols. 6 Congr. Du Sol. Paris, 4 Comm.
- Chen, Y. Magen, H. Y Riov, J. (1994). Humic Substances Originating From Rapidly Decomposing Organic Matter: Properties And Effects On Plant Growth. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humic Substances In The Global Environment And Implications On Human Health. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Chen, Y. y Schnitzer, (1978). The Surface Tension Of Aqueous Solutions Of Soil Humic Substances. Soil Sci. 125, 7-15.
- Chen, Y. y Stevenson, F.J. (1986). Soil Organic Matter Interaction With Trace Elements. P. 73-116. In Y. Chen Y Y. Avnimelech (Eds.) The Role Of Organic Matter In Modern Agriculture. Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht.
- Chukov, S.N; Talishkina, V.D. y Nadporozhskaya, M.A. (1996). Physiological Activity Of Growth Stimulators And Of Soil Humic Acids. Eurasian Soil Science, 28 (4), 30-39.
- Coque, C. (2000). Efecto de cuatro bioestimulantes en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris*), Anchilivi-Cotopaxi. Tesis Ing. Agr. Quito Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. pp 26-29.
- Crouch, I. y Van Staden, J. (1993). Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. Plant Growth Regulator. 13: 21-29.
- Csicsor, J; Gerse, J. y Titkos, A. (1994). The Biostimulant Effect Of different humic substance fractions on seed germination. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humic

substances in the global environment and implications on human health. Elsevier Science B.V. Amsterdam.

Cuesta, A. (1994). Aplicación A Suelos Calizos De Fertilizantes Fosforados En Combinación Con Ácidos Húmicos. Tesis Doctoral. Departamento De Agroquímica Y Bioquímica. Universidad De Alicante. Alica.

David, P.P; Nelson, P.V. y Sanders D.C. (1994). A Humic Acid Improves Growth Of Tomato Seedling In Solution Culture. Journal Of Plant Nutrition 17 (1) 173-184.

Dekock, P.C. (1955). The Influence Of Humic Acids On Plant Growth. Science (Washington D.C.) 121, 473-474.

Dell'Agnola, G. y Ferrari, G. (1971). Effect Of Humic Acids On Anion Uptake By Excised Barley Roots. In Humic Et Planta. V: 567-569.

Dell'amico, C; Masciandaro, G; Ganni, A; Ceccanti, B; García, C., Hernández, T. y Costa, F. (1994). Effects Of Specific Humic Fractions On Plant Growth. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humic Substances In The Global Environment And Implications On Human Health. Elsevier Science B.V. Amsterdam.

Doug, M. (1981). Cosecha más precoces y uniformes con reguladores de crecimiento. Agricultura de las Américas.

El-Sheekh, M.M. y El-Saied, A.E.F. (2000). Effect of crude seaweed extracts on seed germination, seedling growth and some metabolic processes of *Vicia faba* L. Cytobios 101: 378 - 382.

Epuin, A. (2004). Evaluación de tres bioestimulantes comerciales sobre el rendimiento de cuatro variedades de papa, bajo condiciones de secano en el valle central de la IX región. pp 55-62.

Featonby-Smith, B.C. y Vanstaden, J. (1983). The effects of seaweeds concentrate on growth of tomato plants in nematode-infected soil. Scientia Horticulturae 20: 137-146.

Figueroa, V. (2003). Efectos de bioestimulantes en el desarrollo y rendimiento de melón en la región metropolitana. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agronomía. Universidad Santo Tomas. pp 85. Consultado el 11 de mayo de 2013.

Fornes, F; Sanchez-Perales, M. y Guardiola, J. (2002). Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' clementine mandarin and Navelina orange. Botànica Marina 45: 486 - 489.

Gana, M. y Ramírez, C. (2000). Análisis comparativo de cinco programas de aplicación de bioestimulantes orgánicos, sobre el efecto en la calidad de uva de mesa,

cultivares Thompson Seedles y Flame Seedles. Disponible en: <http://www.sidalc.com>. Consultado el 11 de mayo de 2013.

García-Serna, J; Juárez, M; Jordá, J; Sánchez-Andreu, J. (1996). Influence Of Organic Compounds On Nitrogen Fertilizer Solubilization. *Commun Soil Sci. Plant Anal.* 27 (11&12) 2485-2491.

Gaur, A.C. (1964). Influence Of Humic Acid On Growth And Mineral Nutrition In Plants. *Bull. Assoc. Fr. Etude Sol.* 35, 207-219.

Glass, A.D.M. 1975. *Phytochemistry*, 14, 2127.

González, A; Raisman, J. y Aguirre, M. (1999). Hormonas de las plantas. Disponible en: <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxinas.htm>.

Gùblielmetti, H. y Gutiérrez, M. (1988). Aumente el rendimiento en papa "cuaresmera". Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria La Platina N° 50. pp 10-12. Disponible en: <http://www.sidalc.com>. Consultado el 11 de mayo de 2013.

Guminsky, S; Sulej, J. y Glabiszewski, J. (1983). Influence Of Sodium Humate On The Uptake Of Some Ions By Tomato Seedlings. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae.* 52, 149-164.

Hafidi, M; Checkouri, I; Kaemmerer, M; Revel, J.C. Y Bailly, J.R. (1997). Effect Of Humic Substances On Phosphorous Absorption In Italian Ray-Grass. *Agrochimica Xli*, N° 1-2, 42-49.

Hoffman, L. (1997). Seed Treatments-Growth Regulators. Effect of Kelpak on corn height, grain yield and moisture. The Department of Agronomy at The Pennsylvania State University. USA. 75-80 p. Disponible en: <http://www.agronomy.psu.edu/Extension/CornManagement/Seed.htm>. Consultado el 10 de mayo de 2013.

Hong, YP.CC; Chen, HL., Cheng, y CH, L. (1995). Analysis of auxin and cytokinin activity of commercial aqueous seaweed extract. *Gartenbauwissenschaft* 60: 191-194.

Horneman. (2002). The Sea Plant Handbook. Accesado el 15 octubre 2003. Página Web <http://www.surialink.com>.

Jalali, V.K. y Takkar, P.N. 1979. Evaluation Of Parameters For Simultaneous Determination Of Micronutrient Cations Available To Plants From Soils. *Indian J. Agric. Sci.* 49, 622-626.

Jeannin, I; Lescure, J. y Morotgaudry, J. (1991). The effects of aqueous seaweed sprays on the growth of maize. *Botanica Marina* 34 469-473.

- Jensen, W. y Salisbury, F. (1994). Botánica. Primera edición español. Ed. McGraw – Hill S.A. México. 762 p.
- Jones, N.B. y Vanstaden, J. (1997). The effect of a seaweed application on the rooting of pine cuttings South African Journal of Botany 63: 141-145.
- Jurcsik, I. (1994). Investigations In The Mechanism Of Electron Transmission And Active Oxygen Generating Humic Acids Supported By Redoxindicator. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) Humic Substances In The Global Environment And Implications On Human Health. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Kuwada, K.T; Ishii, I; Matsushita, I; Matsumoto y Kadoya, K. (1999). Effect of seaweed extracts on hyphal growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and their infectivity on trifoliate orange roots Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 68:321-326.
- Lizzi, I; Coulomb, C. y Polian, C. (1998). Seaweed and Mildew: What Does the Future Hold? The defense of plant. 508: 29-30.
- López, B. (1999). El uso de derivados de algas marinas en la producción de tomate, chile, papa y tomatillo. In: I Simposio Nacional: Técnicas modernas de producción de tomate, papa y otras Solanaceas. De Octubre 29 a 1 de Noviembre del 2001. El Saltillo Cohahuila.
- Lee, Y.S. Y Bartlett, R.J. (1976). Stimulation of plant growth by humic substances. Journal of the Soil Science Society of America. 40, 876-879.
- Lovley, D.R., Coates J.D., Blunt-Harris, E.L; Phillips, E.J.P. y Woodward J.C. (1996). Humic substances as electron acceptors for microbial respiration. Nature, 382, 1, 445-448.
- Maneveldt, G y Frans, R. (2003). Of Sea-fan Kelp and Bladder Kelp. Accesado el 22 de abril de 2013. Disponible en: <http://www.botany.uwc.ac.za>. Consultado el 11 de mayo de 2013.
- Mato, M.C; Olmedo, M.G. y Méndez, J. (1972). Inhibition of indolacetic acid oxidase by soil humic acids fractionated in Sephadex. Soil Biol Biochem. 4, 469-473.
- Pascual, J.A; Ayuso, M; Hernández, T. y García, C. (1997). Fitotoxicidad y valor fertilizante de enmendantes diferentes orgánicos. Agrochimica XLI 1,2; 50-61.
- Piccolo, A., Nardi, S. Y Concheri, G. 1992. Structural characteristics of humous substances as related to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. Soil Biol. Biochem., 24(4) 373-380.
- Prozorovskaya, A.A. (1936). The effect of humic acid and its derivatives on the uptake of nitrogen, phosphorus, potassium and iron by plants. Tr. NIUIFa. 127.

- Rauthan, B.S. y Schnitzer, M. (1981). Effects of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant Soil*, 63, 491-495.
- Retta, S.F; Sidari, M; Nardi, S. y Cacco, G. (1994). Effect of the low molecular size (LMS) humic fraction on differentiation processes in leaf explants. In N. Senesi, T.M. Miano (Eds.) *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Rojas, M. y Ramírez, H. (1987). Control hormonal del desarrollo de las planta. Primera edición, Ed. Limusa. México. 239 p.
- Rosemberg, J. (1984). Acción de varios bioestimulantes en el cultivo del maíz *Zea mays* variedad INIAP 515 en comparación con una fertilización nitrogenada localizada en la zona de Quevedo. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil (Ecuador). Facultad de Ciencias Agrarias. pp 21-39. /trabajos/adolmodin/adolmodin.shtml. Consultado el 10 de mayo 2013.
- Saborio, F. (2002). Bioestimulantes en fertilización foliar. Fertilización foliar. Principios y aplicaciones. Costa Rica. pp 111-127.
- Sánchez-Andreu, J; Jordá, J. y Juárez, M. (1994). Humic substances. Incidence on crop fertility. *Acta Horticulturae*. 357, 303-313.
- Sánchez-Conde, M.P. y Ortega C.B. (1968). Effect of humic acid on the development and the mineral nutrition of the pepper plant. pp. 745-755. In *Control de la Fertilización de las Plantas Cultivadas*, 2º Coloquio Evr. Medit. Cent. Edafol. Biol. Aplic. Cuarto, Sevilla.
- Sladky, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. *Biol. Plant*. 1, 142-150.
- Slesak, E. y Jurek, J. (1988). *Acta Univ. Wratislaviensis* 888, 13-19.
- Smidova, M. 1962. Effect of sodium humate on swelling and germination of plant roots. *Biol. Plant*. 4, 112-118.
- Suquilanda, M. (1996). Disponible en: <http://www.monografias.com>.
- Ullah, S.M. y Gerzabek, M.H. (1991). Influence of fulvic and humic acids on Cu and V-toxicity to *Zea mays* L. *Die Bodenkultur. Journal für landwirtschaftliche Forschung*, 123-134.
- Vaca, R. (2011). Evaluación de tres bioestimulantes con tres dosis en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.). en Santa Martha de Cuba – Carchi / Trabajo de grado.

Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra. 90 p.

Vaughan, D. y Malcolm, R.E. (1979). Effect of soil organic matter on peroxidase activity of wheat roots. *Soil Biol. Biochem.* 11, 57-63.

Vaughan, D. y McDonald, I.R. (1971). Effects of humic acid on protein synthesis and ion uptake in beet discs. *J. Exp. Bot.*, 22, 400-410.

Vaughan, D. y McDonald, I.R. (1976). Some effects of humic acid on the cation uptake by parenchyma tissue. *Soil Biol. Biochem.* 8, 415-421.

Velasegui, R. (1997). Formulaciones naturales y sustancias orgánicas y minerales para control sanitario. Ecuador. pp.110-130.

Villa, C. (2006). Evaluación de la aplicación de un bioestimulante (Biostan) en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* Lin.). Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrarias. pp 26-30.

Wang, X.J; Wang, Z.Q. y Li, S.G. (1995). The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. *Soil Use and Management* 11, 99-102.

White, M.C. y Chaney, R.L. (1980). Zn, Cd and Mn uptake by soybean from two zinc and cadmium amended coastal plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 308-313.

Wilson, G.B. y Dalmat, D. (1986). Determination compost maturity. *Compost Science*, 19, 26.

Yupera, E. P. (1988). Herbicidas y Fitoreguladores. Madrid, España. pp. 3– 6.

Zurawicz, E; Mazny, A. y Basak, A. (2004). Productivity stimulation in strawberry by application of plant Bio regulators. 653: 155-160.

Zhang, X. y Ervin, E. (2004). Cytokinin-Containing Seaweed and Humic Acid Extracts Associated with Creeping Bentgrass Leaf Cytokinins and Drought Resistance. *Crop science*. 44:1737-1745.

X. ANEXOS

Tratamiento	Descripción de Tratamiento	Repetición	Número de entrenudos	Total de Tallos/estacion	Altura (m)	Diámetro (cm)	Largo de Raíz (cm)	Peso de Raíz(g)	TCH
T1	Algamar Plus, 3L al momento de la aplicación de herbicidas	R1	7.4	104	2.44	2.36	18	21	67.88
T1	Algamar Plus, 3L al momento de la aplicación de herbicidas	R2	7	128	2.08	2.16	14	23	63.64
T1	Algamar Plus, 3L al momento de la aplicación de herbicidas	R3	9.2	122	2.54	2.12	20	23	62.12
T1	Algamar Plus, 3L al momento de la aplicación de herbicidas	R4	8.4	118	2.76	2.18	17	20	60.30
T1	Algamar Plus, 3L al momento de la aplicación de herbicidas	R5	8	135	2.16	2.3	21	18	60.91
T2	Algamar Plus, 3L al momento de la siembra.	R1	9	122	1.6	2.14	25	27	69.24
T2	Algamar Plus, 3L al momento de la siembra.	R2	8.6	140	1.94	2.12	28	35	67.58
T2	Algamar Plus, 3L al momento de la siembra.	R3	8	135	2.62	2.5	21	25	74.39
T2	Algamar Plus, 3L al momento de la siembra.	R4	8.4	132	2.22	2.2	21	26	58.03
T2	Algamar Plus, 3L al momento de la siembra.	R5	8.2	125	2.64	2.4	29	32	65.15
T3	Algamar Plus, 3L al momento de la fertilización	R1	8.6	119	2.54	2.46	19	22	66.67
T3	Algamar Plus, 3L al momento de la fertilización	R2	9	127	2.26	2.2	15	21	64.39
T3	Algamar Plus, 3L al momento de la fertilización	R3	7.8	135	2.8	2.2	22	25	64.85
T3	Algamar Plus, 3L al momento de la fertilización	R4	7.8	127	2.26	2.32	17	19	68.18
T3	Algamar Plus, 3L al momento de la fertilización	R5	8.2	125	2.8	2.24	21	23	64.09
T4	Algamar Plus, 1.5L / siembra + 1.5L/ fertilización	R1	9	135	2.6	2.34	40	53	75.76
T4	Algamar Plus, 1.5L / siembra + 1.5L/ fertilización	R2	8.6	125	2.24	2.4	63	59	71.52
T4	Algamar Plus, 1.5L / siembra + 1.5L/ fertilización	R3	8.2	132	2.8	2.5	57	51	74.85
T4	Algamar Plus, 1.5L / siembra + 1.5L/ fertilización	R4	9	137	2.8	2.7	61	50	68.18
T4	Algamar Plus, 1.5L / siembra + 1.5L/ fertilización	R5	9.6	130	2.72	2.7	51	48	75.15
T5	Algamar Plus, 1L / siembra + 1 L / herbicidas + 1L fertilización	R1	9.6	132	2.34	2.46	38	51	61.67
T5	Algamar Plus, 1L / siembra + 1 L / herbicidas + 1L fertilización	R2	8.2	121	2.26	2.4	56	47	77.88
T5	Algamar Plus, 1L / siembra + 1 L / herbicidas + 1L fertilización	R3	8.6	125	2.68	2.46	50	49	62.58
T5	Algamar Plus, 1L / siembra + 1 L / herbicidas + 1L fertilización	R4	9	120	2.68	2.32	22	38	64.39
T5	Algamar Plus, 1L / siembra + 1 L / herbicidas + 1L fertilización	R5	8	131	2.78	2.74	35	43	59.85
T6	Testigo Absoluto.	R1	8.2	135	1.94	2.08	17	9	60.00
T6	Testigo Absoluto.	R2	8.6	131	2.56	2.38	11	16	62.12
T6	Testigo Absoluto.	R3	7.8	129	1.94	1.98	10	12	58.18
T6	Testigo Absoluto.	R4	8.2	112	2.12	2.06	17	6	61.21
T6	Testigo Absoluto.	R5	8.2	110	2.2	2.08	15	11	58.18