

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y ALGAS MARINAS EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ DULCE (*ZEA MAYS L.*), EN LA ZONA DE BABAHOYO

EFFECT OF ORGANIC FERTILIZATION AND SEAWEED ON THE YIELD OF SWEET CORN (*ZEA MAYS L.*), IN THE BABAHOYO AREA

Yary Gilberto Ruiz Parrales¹
 Jorge Eduardo Fischer López²
 Segundo Mesías Vásquez Contreras³
 Jorge Alexander Vera Vecilla⁴

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de la fertilización orgánica y algas marinas en el rendimiento del maíz dulce en la zona de Babahoyo. Como material de siembra se utilizó maíz dulce BANDIT F1 súper dulce. Los tratamientos estudiados fueron Algasoil, en dosis de 500 kg/ha; AlgaTec 2,0 L/ha; Algasoil + AlgaTec 400 kg/ha edáfico + 1,0 L/ha foliar; Algasoil + AlgaTec 600 kg/ha edáfico + 1,5 L/ha foliar; Algasoil + AlgaTec 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar y el testigo convencional con 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K. El intervalo de aplicación de los productos fue a los 8, 20 y 40 días después de la siembra. Se utilizó el diseño experimental "Bloque completo al azar" BCA, con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Para la evaluación y comparación de medias se empleó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Se realizaron las labores agrícolas que requiere el cultivo tales como preparación de suelo, siembra, control de malezas, riego, fertilización, control fitosanitario y cosecha. Los datos evaluados fueron altura de planta y de inserción de la mazorca; días a la maduración y longitud de la mazorca; número de granos/planta; rendimiento por hectárea y análisis económico. Mediante los resultados obtenidos se determinó que la aplicación de Algasoil y Algatec, si reflejó efectos sobre la fertilización en el cultivo de maíz dulce, en la zona de Babahoyo; la altura de planta y altura de inserción de la mazorca obtuvieron mejores promedios con el uso de 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K; el uso de AlgaTec foliar en dosis de 2,0 L/ha fue el tratamiento que maduró en menor tiempo; el promedio de longitud de mazorca fue de 0,19 cm; los números de granos por planta sobresalieron con el uso de Algasoil + AlgaTec en dosis de 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar y el mayor rendimiento de grano y análisis económico se presentó con el testigo convencional de 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K con beneficio neto de \$ 417,02.

Palabras claves: Nutrición, crecimiento, rendimiento, maíz dulce

Recepción: 25 de Junio de 2024/ Evaluación: 14 de Julio de 2024/ Aprobado: 27 de Agosto de 2024

¹ Master en Ingeniería Agrícola por la *Universidad Técnica de Manabí*, Ecuador. Docente en la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador. Correo electrónico: yruiz@utb.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9207-7368>

² Magister En Agronegocios Sostenibles por la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Director Provincial del Ministerio de Agricultura Los Ríos, Ecuador. Correo electrónico: Jfischer@mag.gob.ec ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5021-3034>

³ Magister en Riego y Drenaje por la Universidad Agraria del Ecuador. Jefe de Producción Grupo Noboa. Correo electrónico: svasquez79@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1920-2859>

⁴ Ingeniero Agrónomo por la Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. Técnico Independiente. Correo electrónico: veravecilla@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1509-1142>

Abstract

The objective of this work was to determine the effect of organic fertilization and seaweed on the yield of sweet corn in the Babahoyo area. Super sweet BANDIT F1 sweet corn was used as planting material. The treatments studied were Algae Oil, at a dose of 500 kg/ha; AlgaTec 2.0 L/ha; Algae oil + AlgaTec 400 kg/ha edaphic + 1.0 L/ha foliar; Algae oil + AlgaTec 600 kg/ha edaphic + 1.5 L/ha foliar; Algasoil + AlgaTec 800 kg/ha soil + 2.0 L/ha foliar and the conventional control with 140 kg/ha of N + 80 kg/ha of P + 90 kg/ha of K. The application interval of the products was at 8, 20 and 40 days after sowing. The BCA “Complete Randomized Block” experimental design was used, with 6 treatments and 4 repetitions. For the evaluation and comparison of means, the Tukey test was used at 95% probability. The agricultural tasks required by the crop were carried out, such as soil preparation, sowing, weed control, irrigation, fertilization, phytosanitary control and harvest. The data evaluated were plant height and ear insertion height; days to maturation and ear length; per hectare and economic analysis. Through the results obtained, it was determined that the application of Agasoil and Algatec did reflect effects on fertilization in the sweet corn crop, in the Babahoyo area; Plant height and ear insertion height obtained better averages with the use of 140 kg/ha of N + 80 kg/ha of P + 90 kg/ha of K; The use of foliar AlgaTec at a dose of 2.0 L/ha was the treatment that matured in the shortest time; the average cob length was 0.19 cm; The numbers of grains per plant stood out with the use of Algasoil + AlgaTec at a dose of 800 kg/ha soil + 2.0 L/ha foliar and the highest grain yield and economic analysis was presented with the conventional control of 140 kg/ha of N + 80 kg/ha of P + 90 kg/ha of K with net benefit of \$417.02.

Keywords: Nutrition, growth, yield, sweet corn

Introducción

El cultivo de maíz dulce (*Zea mays*) genera fuente de divisas para la mayoría de los productores que lo cultivan. La producción de maíz dulce en Ecuador ha sido popularizado y comercializado de manera significativa, en la Provincia de Los Ríos se siembra 225 hectáreas manejadas por pequeños agricultores siendo el más grande productor de maíz dulce del país, mientras que Ecuavegetal empresa de conservas en la Región costa estima que en la sierra se siembran 20 hectáreas de maíz dulce, aumentando cada día más por la demanda de enlatados (García, 2023).

Revilla y Ordás (2019), explican que el cultivo del maíz dulce es muy similar al del maíz para grano seco y su precio es muy superior, teniendo apenas tres requisitos que lo diferencian del maíz cosechado en seco. Es más sensible a las condiciones adversas como temperaturas extremas, plagas y enfermedades, por lo que requiere unas condiciones de cultivo más favorables con temperaturas del suelo por encima de los 10 °C y el terreno debe estar limpio para mitigar la incidencia de las plagas y la competencia de las malas hierbas. Debe protegerse del polen de otros tipos de maíz ya que la polinización ajena deteriora su calidad; para ello hay que disponer de distancias con otra variedad de maíz de unos 100 metros o bien de barreras físicas.

Luchsinger y Camilo (2019), expresan que el crecimiento en la producción y exportación de maíz dulce ha estado respaldado por una mayor cantidad de variedades disponibles, permitiendo mejores rendimientos y adaptabilidades a diferentes períodos de cosecha y destinos como también a la cosecha mecánica. Una de las problemáticas que afectan al cultivo en nuestro país, es la falta de conocimiento sobre el manejo tecnológico que debe aplicarse en los cultivos, entre los que se destacan uso de semillas de buena calidad, fertilización, control fitosanitario, control de malezas, etc. lo que conlleva a obtener cosechas con baja producción.

La pérdida de las condiciones físicas, producto de la continua disminución de la materia orgánica es la causa principal para la baja productividad de los cultivos y frutales. La fertilización es uno de los manejos tecnológicos más destacados para aumentar el rendimiento, siendo los fertilizantes orgánicos los de mayor demanda para que se produzcan dichos resultados (Roditti, 2017).

Los fertilizantes foliares y edáficos con enmiendas orgánicas están compuestos por residuos de origen animal y vegetal, que adicionados al suelo mejoran las características físicas, químicas y biológicas, por acción de los microorganismos, los que ayudan al desarrollo radicular de las raíces, aumenta las características agronómicas de las plantas como altura, número de semillas/plantas, frutos dependiendo el tipo de cultivar lo que conlleva a aumentar los rendimientos (Luchsinger y Camilo, 2019).

Arrieche y Ruiz (2020), comentan que los fertilizantes juegan un papel clave en la producción agrícola, pero en la mayoría de los principales cultivos, durante varios años en forma continua, se han utilizado altas tasas de fertilizantes inorgánicos, lo que conduce a la poca sostenibilidad de la producción y también suponen una amenaza para el medio ambiente.

La fuente más utilizada para adicionar MO a los suelos son los abonos orgánicos provenientes del campo (residuos de cosecha), estiércoles de aves y desechos industriales entre otros. Sin embargo, la aplicación de residuos plantea interrogantes, como la cantidad de material a utilizar para elevar y mantener los niveles de MO en el tiempo, y si los residuos pueden sustituir completamente al fertilizante inorgánico, cuando se requiere producir mayor cantidad de alimentos (Arrieche y Ruiz, 2020).

Ruiz *et al.* (2019) mencionan que la agricultura de los últimos años se ha caracterizado por la introducción de factores de producción diversos, ajenos a los agroecosistemas, es por eso que se encuentra una alta incorporación de fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas, con el consecuente incremento de los costos de producción; de allí que exista la necesidad de hacer más eficiente el uso de estos insumos para obtener mayor rentabilidad de los cultivos.

La sociedad cada vez está más interesada en reducir el daño al ambiente causado por las actividades agrícolas, sobre todo con respecto a riesgos de salud que son el resultado del uso desmedido de agroquímicos, es por ello que se han desarrollado muchos sistemas de producción alternativos, estableciéndose y entre ellos, la agricultura orgánica, la certificación en muchos países. La agricultura orgánica es caracterizada por la ausencia de fertilizantes sintéticos y pesticidas, además de la utilización frecuente de fuentes de materia orgánica para mantener la fertilidad de la tierra (Ruiz *et al.*, 2019).

De acuerdo a Arrieche y Ruiz (2020), la incorporación de materiales orgánicos de origen animal o vegetal a los suelos, ha demostrado que mejora sus condiciones físicas, químicas y biológicas. El uso de productos orgánicos como fertilizantes disminuyen la contaminación en zonas de acumulación y a la vez mejora la fertilidad de los suelos.

Pérez (2019), aclara que uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro- ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, se hace necesario implementar actividades que nos conduzcan a estos fines, que conllevan la restitución de elementos minerales y vivos (microorganismos, bacterias benéficas y hongos) y mantener la vitalidad del suelo donde se desarrollan las plantas.

Manzo (2017), sostiene que la fertilización del suelo es una práctica esencial que consiste en la reposición de los nutrientes consumidos por la actividad agraria. La fertilización debe ser racional, combinando abonos minerales y orgánicos. Los abonos minerales aportan los nutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo, mientras que los orgánicos, aunque también aportan nutrientes actúan, principalmente, mejorando las propiedades fisicoquímicas y la actividad biológica del suelo.

El suelo es un medio vivo, en el que la materia orgánica se va descomponiendo gracias a la intensa actividad microbiana que tiene lugar en él. El aporte de materia orgánica mejora la permeabilidad del suelo, formando macroporos que facilitan la respiración de las raíces y microporos que retienen y almacenan la humedad (Manzo, 2017).

De acuerdo a Innatia (2017), la fertilización orgánica, es una forma de asignarle una mayor fertilidad al suelo en donde se cultivan los alimentos. De este modo, las plantas sembradas pueden nutrirse mejor y así crecer y desarrollarse de buena forma.

Pérez (2019), reporta que la diferencia que existe entre los fertilizantes químicos-sintéticos y los abonos orgánicos es que los primeros son altamente solubles y son aprovechados por las plantas en menor tiempo, pero generan un desequilibrio del suelo (acidificación, destrucción del sustrato, etc.); mientras que los orgánicos actúan de forma indirecta y lenta. Pero con la ventaja que mejoran la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande.

Santistevan (2019), considera que las fuentes de nutrientes para la fertilización orgánica se caracterizan por tener un contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, boro, zinc y molibdeno en concentraciones bajas comparados con los fertilizantes convencionales.

Manzo (2017), expresa que una buena aireación favorece la proliferación de organismos aerobios capaces de liberar nutrientes que se encuentran en formas no asimilables por la planta. En efecto, es sabido que, en suelos calcáreos, alcalinos, los micronutrientes son transformados poco a poco en óxidos, hidróxidos, fosfatos y carbonatos insolubles e inservibles para la nutrición de las plantas.

Según Macas (2020) los fitoestimulantes no se consideran abonos, sino productos capaces de estimular el crecimiento de las plantas (radicular o aéreo) y aumentar su resistencia a diversas agresiones (enfermedades, fitoparásitos, sequía, fríos intensos...). Los fitoestimulantes son realmente eficaces. Sin embargo, cuando la presión de los parásitos es fuerte, estos solo consiguen frenar los efectos de la enfermedad, pero no la eliminan.

Infoagro (2018), relata que las algas son organismos fotosintetizadores de organización sencilla que viven en el agua o en ambientes muy húmedos. Pertenecen al reino protista y técnicamente, son los organismos autótrofos que realizan la fotosíntesis oxigénica, si excluimos a las plantas (Embriophyta). Hoy en día, debido al aumento de la popularidad de la agricultura orgánica, se está revitalizando esta industria, pero no en gran escala, ya que el costo total del secado y transporte ha limitado su utilización a climas soleados y en lugares donde los compradores se hallan cercanos a la costa.

Macas (2020), expone que las algas marinas son algas recolectadas junto al mar. Se dejan desalar bajo la lluvia durante varias semanas antes de utilizarlas como acolchado o en el compost. Los jardineros que no viven cerca de la costa pueden comprar estas algas solubilizadas, para pulverizar sobre el follaje, o secadas y molidas, para esparcir sobre el suelo.

Infoagro (2018), asegura que las algas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas, por lo que en la medida que esta práctica se extienda irá sustituyendo el uso de los productos químicos de síntesis por orgánicos, favoreciendo así una agricultura sostenible. Las algas tienen mejores propiedades que los fertilizantes porque liberan más lentamente el nitrógeno, y además son ricas en microelementos y no generan semillas de malezas.

Norris (2019), afirma que, para producir altos rendimientos en cultivos de calidad superior, los productores suelen utilizar un amplio rango de programas de manejo de fertilizantes basados en su experiencia y en el historial del cultivo. De hecho, muchos utilizan extractos de plantas marinas como herramientas para realzar la fertilidad del cultivo. Estos

extractos se aplican solos o en combinación con otros agroquímicos, y a menudo vienen en diferentes formulaciones de nutrientes o fertilizantes.

Romero *et al.* (2020), mencionan que el uso excesivo de agroquímicos en la agricultura preocupa a los consumidores a nivel mundial, debido al alto grado de contaminantes que los frutos pudieran contener; además, de los problemas ambientales que estos pueden generar en los suelos agrícolas y aguas (superficiales y subterráneas) del planeta. Para reducir el impacto negativo de los agroquímicos en el medio ambiente y en la inocuidad de los diferentes cultivos, se recomiendan sistemas de producción orgánica u orgánica mineral que supriman o reduzcan el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc.

Los mismos autores dicen que entre los abonos orgánicos de origen animal o vegetal, la vermicomposta, los biofertilizantes y los ácidos fúlvicos, entre otros, son buenas opciones para complementar la nutrición de los cultivos y así reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos y los costos de producción.

Álvarez *et al.* (2020), indica que los fertilizantes orgánicos aportan materia orgánica, nutrimentos y microorganismos, lo cual favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas; sin embargo, su capacidad como fuente de nutrimentos es baja, respecto a los fertilizantes. El contenido de N de las compostas es 1-3 % y la tasa de mineralización del nitrógeno es cercana al 10 %, por lo cual sólo una fracción del N y otros nutrimentos está disponible el primer año después de su aplicación.

Para satisfacer las necesidades nutricionales de cultivos como el maíz, se requieren altas cantidades de abonos, lo que implica una elevada disponibilidad de residuos orgánicos para su elaboración y condiciones adecuadas para su almacenaje y aplicación. Un enfoque alternativo es usar bajas cantidades de abonos orgánicos y complementar con fertilizantes inorgánicos (Álvarez *et al.*, 2020).

Romero *et al.* (2020), indican que los biofertilizantes son preparados de microorganismos que pueden ser aplicados al suelo y/o planta. Son capaces desintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés hídrico, salinidad, metales pesados y exceso de pesticidas, por parte de la planta y/o poseer la capacidad de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos, dependiendo del grupo de microorganismos al que pertenezcan. Además de mejorar las características físicas del suelo y controlar algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de raíces, y un aumento en la actividad microbiana.

Orozco *et al.* (2017), indican que el uso de abonos orgánicos en la producción agrícola es considerado una práctica sustentable, ya que conserva y mejora las propiedades físicas y químicas del suelo. Además, ha sido demostrado que los abonos orgánicos favorecen el desarrollo de la biota del suelo, lo cual es deseable en un agroecosistema, debido a los efectos positivos de los organismos edáficos en la producción vegetal. Sin embargo, en el suelo, los grupos de organismos no se organizan aisladamente, sino que forman cadenas tróficas (CT), las cuales son redes de interacciones presa-consumidor que se presentan entre grupos de organismos, poblaciones, o unidades tróficas agregadas.

En el suelo, las CT son responsables de la disponibilización de nutrientes para las plantas, influyen directamente en la movilización de materia y energía en el suelo y, por consiguiente, son críticas para el funcionamiento de los ecosistemas. En plantaciones de mora, diversos tipos de microorganismos de las CT, como los hongos micorrizógenos, bacterias solubilizadoras de fosfatos y bacterias fijadoras de nitrógeno, influyen directamente en la productividad de las plantas. Estos microorganismos incluso han sido propuestos para utilizarse como biofertilizantes en dicho cultivo (Orozco *et al.*, 2017).

Según estudios realizados por Muñoz y Lucero (2013), los gastos en fertilizantes en los cultivos representan 29,26 % de los costos totales, y dosis de fertilizante químico superiores a

900 kg/ha ocasionan un crecimiento vegetativo exuberante y reducción en la producción. Además, determinaron que la práctica de fertilización es deficiente: no es común el uso de análisis de suelo y se emplean como fórmula común y repetitiva los fertilizantes que poseen nitrógeno, fósforo y potasio en proporción 1:3:1, a razón de 50 kg de abono por de semilla sembrada.

Muñoz y Lucero (2019), comentan que, gracias a su elevado contenido en fibra, macro y micronutrientes, aminoácidos, vitaminas y fitohormonas vegetales, las algas actúan como acondicionador del suelo y contribuyen a la retención de la humedad. Además, por su contenido en minerales, son un fertilizante útil y una fuente de oligoelementos. Algas tales como *Ascophyllum nodosum*, *Fucus serratus* y *Laminaria*, se usan en el cultivo de la patata, alcachofa, cítricos, orquídeas y pastos. Las coralinas, algas rojas calcificadas conocidas como “maërl”, presentan un elevado contenido en carbonatos, y se usan además de como acondicionadores de suelo, para corregir el pH en suelos ácidos, aportando a su vez, numerosos elementos traza.

Norris (2018), describe que los extractos de plantas marinas, considerados no dañinos para el ambiente, pueden estimular a las plantas y mejorar la producción. Investigaciones realizadas han revelado que los extractos de *Ascophyllum nodosum*, un alga marina que crece en las orillas del Atlántico Norte se encuentra entre los extractos de algas más activos biológicamente. Como resultado de esta bioactividad y sus efectos en el crecimiento y desarrollo del cultivo, estos extractos se han utilizado para mejorar los rendimientos y la calidad del fruto en muchos cultivos.

Guerrero (2019), señala que la obtención de óptimos rendimientos y calidad son los objetivos de todo buen productor. Gran porcentaje de la producción se exporta, y consecuentemente el aplicar nuevas tecnologías es importante. El mantener sanidad de las plantas y buena nutrición asegura gran parte del éxito. Actualmente la sobreexplotación de los suelos está afectando la fertilidad de los mismos y es necesario impulsar la biofertilización y el incremento de microorganismos es fundamental para ayudar a la absorción de nutrientes asimilables.

Almería (2019) sostiene que las algas marinas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas, por lo que en la medida que esta práctica se extienda irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así una agricultura sustentable.

Norris (2018), estima que los ingredientes contenidos en *Ascophyllum* (aminoácidos, ácidos orgánicos, hidratos de carbono, hormonas de plantas, y otros compuestos orgánicos naturales), pueden desempeñar funciones significativas en muchos aspectos del crecimiento y desarrollo de la planta.

Aefa (2019), argumenta que los extractos de algas son productos obtenidos de la extracción química o física de algas marinas. Las algas han sido usadas desde siempre por el hombre como fertilizante, alimento para el ganado y sobre todo en las culturas orientales como alimentación humana. Las algas que se manufacturan habitualmente para los extractos son las denominadas como algas pardas. En ellas se encuentran *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria* sp., *Fucus* sp., *Macrocystis pyrifera*, *Ecklonia maxima* y *Durvillea* sp.

Guerrero (2019), define que las algas son consideradas como organismos fotosintetizadores, los cuales están organizados en forma muy simple. Su habitat normal es en agua o en ambientes húmedos. Asimismo, son consideradas como activadores biológicos y bioestimulantes orgánicos y lo más adecuado es la utilización de muchas algas, para aumentar el contenido de nutrientes, y a la vez su disponibilidad para una rápida asimilación durante el desarrollo de las plantas.

Almería (2019), sostiene que las algas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas, por lo que en la medida

que esta práctica se extienda irá sustituyendo el uso de los productos químicos de síntesis por orgánicos, favoreciendo así una agricultura sostenible. Las algas tienen mejores propiedades que los fertilizantes porque liberan más lentamente el nitrógeno, y además son ricas en microelementos y no generan semillas de adventicias.

De acuerdo a Aefa (2019), los extractos de algas no responden a la definición de fertilizantes, ya que no contienen cantidades significativas de macro y microelementos, aunque si contienen de todos en trazas. Lo sorprendente de las algas y esto en parte puede ser debido a su hábitat hostil, es la cantidad de polisacáridos complejos que no están presentes en las plantas terrestres.

Las algas pardas antes referidas contienen polisacáridos tipo laminarinas, fucoidanos y alginatos, que además se ha demostrado mediante bioensayos, que sus extractos pueden inducir la producción de auxinas y citoquininas naturales en las plantas sobre las que se aplican. Esas sustancias permiten que los extractos de algas sean unos de los mejores bioestimulantes del mercado.

Almería (2019), indica que las algas tales como *Ascophyllum nodosum*, *Fucus serratus* y *Laminaria*, se usan en el cultivo de la patata, alcachofa, cítricos, orquídeas y pastos. Las coralinas, algas rojas calcificadas conocidas como maërl, presentan un elevado contenido en carbonatos, y se usan además de como acondicionadores de suelo, para corregir el pH en suelos ácidos.

Metodología

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en los terrenos de la Granja Experimental "San Pablo" de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km. 7,5 de la vía Babahoyo - Montalvo, con coordenadas geográficas 668643 UTM de latitud Este y 9801145 UTM de longitud Norte y con altitud de 8 msnm.

La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media de 25,5 °C, precipitación anual de 1 845,0 mm, humedad relativa de 74 % y 987,1 horas de heliófila de promedio anual. Se utilizaron materiales de campo y material de siembra de maíz dulce BANDIT F1 súper dulce para mercado fresco o industria.

Se estudiaron dos factores; a) Producción del cultivo de maíz dulce (*Zea mays saccharata*) y, b) Fertilización orgánica y algas marinas. Se evaluaron los tratamientos como se indica en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Tratamientos estudiados

| Nº | Producto | Dosis/ha |
|----|--------------------|--|
| T1 | Algasoil | 500 kg/ha |
| T2 | AlgaTec | 2,0 L/ha |
| T3 | Algasoil + AlgaTec | 400 kg/ha edáfico + 1,0 L/ha foliar |
| T4 | Algasoil + AlgaTec | 600 kg/ha edáfico + 1,5 L/ha foliar |
| T5 | Algasoil + AlgaTec | 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar |
| T6 | Convencional | 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K |

El intervalo de aplicación de los productos fue a los 8, 20 y 40 días después de la siembra.

En el ensayo se utilizó el diseño experimental "Bloque completo al azar" BCA, con 6 tratamientos y 4 repeticiones, lo que registró un total de 24 unidades experimentales. Para la evaluación y comparación de medias se empleó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Se efectuó dos pases de rastra aproximadamente a una profundidad de 5 cm, lo cual permitió un suelo en óptimas condiciones para una adecuada germinación de las semillas.

La siembra se la realizó en forma manual utilizando un espeque, a una profundidad aproximadamente de 2 cm; colocando una semilla por sitio a distancia de 0,60 m x 0,20 m, entre hileras y entre plantas respectivamente.

El control de malezas se realizó aplicando la herbicida pre emergente atrazina en dosis de 1,5 kg/ha utilizando una bomba de mochila (CP3) con boquilla de abanico, en un volumen de agua de 200 L/ha al primer día después de la siembra.

Se aplicó riego por gravedad cada 15 días durante 2,0 horas, dependiendo de las necesidades hídricas del cultivo de maíz dulce, para que esté en capacidad de campo. La fertilización se realizó a los 8, 20 y 40 días después de la siembra respectivamente a las dosis recomendadas en la tabla de tratamientos (Cuadro 1).

Al tratamiento convencional se aplicó Nitrógeno (Urea) en dosis de 140 kg/ha fraccionado a los 20 y 40 días después de la siembra, Fósforo (Súper fosfato triple) en dosis de 80 kg/ha y Potasio (Muriato de potasio) 90 kg/ha aplicados al momento de la siembra.

Para control de plagas como Lorito verde *Empoasca kraemeri* y Cogollero *Spodoptera frugiperda*. se aplicó Clorpirifos en dosis de 700 cc/ha, a los 20 y 35 días después de la siembra. La cosecha se realizó cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica es decir cuando los granos tuvieron aproximadamente un 13 % de humedad y se efectuó de forma manual.

Dentro de la evaluación de la variable altura de planta se tomó al momento de la cosecha 10 plantas al azar por cada tratamiento experimental, se midió la altura desde el nivel del suelo hasta la inserción de la inflorescencia con la ayuda de una cinta métrica. Sus promedios se expresaron en cm.

En la evaluación de altura de inserción de la mazorca se tomó 10 plantas al azar por cada tratamiento experimental con una cinta métrica se midió la altura desde el nivel del suelo hasta la inserción de la mazorca, al momento que la mazorca estuvo formada. Su resultado se expresó en cm.

Los días a la maduración de la mazorca fue evaluada contando los días desde la siembra del cultivo hasta que las mazorcas alcanzaron su madurez fisiológica en cada una de las parcelas experimentales.

La longitud de la mazorca se tomó desde el pedúnculo de inserción a la planta hasta el ápice de la misma, usando una cinta métrica en 10 mazorcas al azar, registrando el dato en centímetros.

El número de granos / planta se evaluó tomando 10 mazorcas al azar por cada tratamiento experimental de las cuales se contó el número de granos por mazorcas

El rendimiento de grano por hectárea se determinó con los valores de cosechados los granos se procedió a realizar un ajuste de humedad al 13 %, expresando en kg/ha los valores. Para el efecto se utilizó la fórmula:

$$Pu = \frac{Pa (100 - Ha)}{(100 - Hd)}$$

Pu: Peso uniformizado

Pa: Peso actual

Ha: Humedad actual

Hd: Humedad deseada

El análisis económico se determinó con el rendimiento de grano de maíz en kg/ha y los costos de producción, basado en la relación beneficio/costo y utilidad neta.

Resultados

En la Tabla 2, se observan los promedios de altura de planta a la cosecha de maíz dulce. El análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas, el promedio general fue 1,78 m y el coeficiente de variación 1,07 %. El uso de 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K, empleado convencionalmente reportó 1,90 m, estadísticamente superior a los demás tratamientos, cuyo menor promedio correspondió al uso de Algasoil en dosis de 500 kg/ha edáfico con 1,67 m.

En los valores de altura de inserción de la mazorca, el uso de Algasoil + AlgaTec con 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar obtuvo 0,61 m y Algasoil 500 kg/ha edáfico; AlgaTec 2,0 L/ha foliar y Algasoil + AlgaTec 600 kg/ha edáfico + 1,5 L/ha foliar mostraron 0,57 m. No se detectaron diferencias significativas, el promedio general fue 0,58 m y el coeficiente de variación 3,73 % (Tabla 2).

Tabla 2. Altura de planta y altura de inserción de la mazorca, en el efecto de la fertilización con Algasoil y Algatec en el rendimiento del maíz dulce.

| N° | Tratamientos | | Altura de planta | Altura de inserción de la mazorca |
|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| | Producto | Dosis/ha | | |
| T1 | Algasoil | 500 kg | 1,67 d | 0,57 |
| T2 | AlgaTec | 2,0 L | 1,71 d | 0,57 |
| T3 | Algasoil + AlgaTec | + 400 kg + 1,0 L | 1,76 c | 0,58 |
| T4 | Algasoil + AlgaTec | + 600 kg + 1,5 L | 1,80 bc | 0,57 |
| T5 | Algasoil + AlgaTec | + 800 kg + 2,0 L | 1,83 b | 0,61 |
| T6 | Convencional | 140 kg de N + 80 kg de P + 90 kg de K | 1,90 a | 0,60 |
| Promedio general | | | 1,78 | 0,58 |
| Significancia estadística | | | ** | ns |
| Coeficiente de variación (%) | | | 1,07 | 3,73 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

ns= no significativo

**= altamente significativo

El tratamiento que maduró en mayor tiempo fue el uso de 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K (85 días), estadísticamente igual al uso de Algasoil 500 kg/ha edáfico;

Algasoil + AlgaTec 600 kg/ha edáfico + 1,5 L/ha foliar; Algasoil + AlgaTec 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, siendo el tratamiento que maduró en menor tiempo AlgaTec 2,0 L/ha foliar (79 días). Se registraron diferencias altamente significativas, con promedio general de 82 días y coeficiente de variación de 2,02 %, lo que se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Días a maduración, en el efecto de la fertilización con Agasoil y Algatec en el rendimiento del maíz dulce.

| N° | Tratamientos | | Días a maduración |
|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------|
| | Producto | Dosis/ha | |
| T1 | Algasoil | 500 kg | 82 ab |
| T2 | AlgaTec | 2,0 L | 79 b |
| T3 | Algasoil + AlgaTec | 400 kg + 1,0 L | 80 b |
| T4 | Algasoil + AlgaTec | 600 kg + 1,5 L | 82 ab |
| T5 | Algasoil + AlgaTec | 800 kg + 2,0 L | 82 ab |
| T6 | Convencional | 140 kg de N + 80 kg de P + 90 kg de K | 85 a |
| Promedio general | | | 82 |
| Significancia estadística | | | ** |
| Coeficiente de variación (%) | | | 2,02 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**= altamente significativo

En la variable longitud de la mazorca, no se obtuvieron diferencias significativas. El promedio general fue 0,19 cm y el coeficiente de variación 8,51 %. Las aplicaciones de AlgaTec foliar 2,0 L/ha; Algasoil + AlgaTec en dosis de 400 kg/ha edáfico + 1,0 L/ha foliar; Algasoil + AlgaTec 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar; 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K mostraron 0,20 cm de longitud de mazorca y Algasoil + AlgaTec 600 kg/ha edáfico + 1,5 L/ha foliar presentó 0,18 cm.

El empleo de Algasoil + AlgaTec 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar registró mayor número de granos/planta (576), superior estadísticamente al resto de tratamientos, cuyo menor promedio lo consiguió el uso de AlgaTec foliar 2,0 L/ha (353 granos). El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas, el promedio general fue 470 granos/planta y el coeficiente de variación 0,85 % (Tabla 4).

Tabla 4. Longitud de mazorca y número de granos por planta, en el efecto de la fertilización con Agasoil y Algatec en el rendimiento del maíz dulce.

| N° | Tratamientos | | Longitud de mazorca | Número de granos por planta |
|------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| | Producto | Dosis/ha | | |
| T1 | Algasoil | 500 kg | 0,19 | 410 e |
| T2 | AlgaTec | 2,0 L | 0,20 | 353 f |
| T3 | Algasoil + Algatec | 400 kg + 1,0 L | 0,20 | 425 d |
| T4 | Algasoil + Algatec | 600 kg + 1,5 L | 0,18 | 492 c |
| T5 | Algasoil + Algatec | 800 kg + 2,0 L | 0,20 | 576 a |
| T6 | Convencional | 140 kg de N + 80 kg de P + 90 kg de K | 0,20 | 565 b |
| Promedio general | | | 0,19 | 470 |
| Significancia estadística | | | ns | ** |
| Coeficiente de variación (%) | | | 8,51 | 0,85 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey. ns= no significativo

**= altamente significativo

En la Tabla 5 se observan los promedios de rendimiento en kg/ha. El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas, el promedio general fue 5650,6 kg/ha y el coeficiente de variación 9,61 %. El mayor rendimiento lo alcanzó el tratamiento convencional con 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K (6686,0 kg/ha), estadísticamente igual a los tratamientos de Algasoil edáfico 500 kg/ha; Algasoil + Algatec 600 kg/ha edáfico + 1,5 L/ha foliar; Algasoil + Algatec 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar y superiores estadísticamente a los demás tratamientos. El menor promedio fue para el uso de Algatec foliar 2,0 L/ha (4861,1 kg/ha).

Tabla 5. Rendimiento, en el efecto de la fertilización con Agasoil y Algatec en el rendimiento del maíz dulce.

| N° | Tratamientos | | Rendimiento |
|----|--------------|----------|-------------|
| | Producto | Dosis/ha | |
| T1 | Algasoil | 500 kg | 5577,3 ab |
| T2 | AlgaTec | 2,0 L | 4861,1 b |

| | | | | |
|------------------------------|--------------|--|--------|----|
| T3 | Algasoil | + 400 kg + 1,0 L | 5141,3 | b |
| | AlgaTec | | | |
| T4 | Algasoil | + 600 kg + 1,5 L | 5535,8 | ab |
| | AlgaTec | | | |
| T5 | Algasoil | + 800 kg + 2,0 L | 6102,0 | ab |
| | AlgaTec | | | |
| T6 | Convencional | 140 kg de N + 80 kg de P + 90 kg de K | 6686,0 | a |
| Promedio general | | | 5650,6 | |
| Significancia estadística | | | ** | |
| Coeficiente de variación (%) | | | 9,61 | |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey.

**= altamente significativo

En las Tablas 6 y 7 se reportan los costos fijos y análisis económico/ha. El costo fijo fue de \$804,3, lo que efectuado el análisis económico reflejó que el tratamiento con 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K que obtuvo ganancia de \$ 417,02.

Tabla 6. Costos fijos/ha, en el efecto de la fertilización con Agasoil y Algatec en el rendimiento del maíz dulce.

| Características | Descripción | Cantidad | Unidad | Valor | Valor |
|-----------------------|-----------------|----------|----------|------------|----------|
| | | | | Parcial \$ | Total \$ |
| Terreno | Alquiler | 1 | ha | 250,00 | 250,0 |
| Preparación de suelo | Pases de rastra | 2 | u | 25,00 | 50,0 |
| Siembra | Semilla | 1 | saco | 300,00 | 300,0 |
| | Mano de obra | 3 | jornales | 12,00 | 36,0 |
| Control de malezas | Atrazina | 1,5 | kg | 10,00 | 15,0 |
| | Mano de obra | 3 | jornales | 12,00 | 36,0 |
| Control fitosanitario | Clorpirifos | 2 | frasco | 8,00 | 16,0 |
| | Mano de obra | 3 | jornales | 12,00 | 36,0 |
| Riego | Aplicación | 6 | u | 4,50 | 27,0 |
| Sub Total | | | | | 766,0 |
| Administración (5 %) | | | | | 38,3 |
| Total Costo Fijo | | | | | 804,3 |

Tabla 7. Análisis económico/ha, en el efecto de la fertilización con Agasoil y Algatec en el rendimiento del maíz dulce.

| Tratamientos | | Rendimiento | | | | | | Costo | Costo | Beneficio | Beneficio |
|--------------|--|-------------|---------------|------------|------------|---------------------------|--------|--------|---------|-----------|-----------|
| Productos | Dosis/ha | kg/ha | Sacos (50 kg) | Producto s | Aplicación | Cosecha +Total Transporte | fijo | Total | Bruto | Neto | |
| T1 | Algasoil 500 kg | 5577,26 | 111,55 | 625,00 | 108,00 | 167,32 | 275,32 | 804,30 | 1079,62 | 1316,23 | 236,61 |
| T2 | AlgaTec 2,0 L | 4861,11 | 97,22 | 16,00 | 108,00 | 145,83 | 253,83 | 804,30 | 1058,13 | 1147,22 | 89,09 |
| T3 | Algasoil +400 kg + 1,0 L AlgaTec | 5141,26 | 102,83 | 508,00 | 108,00 | 154,24 | 262,24 | 804,30 | 1066,54 | 1213,34 | 146,80 |
| T4 | Algasoil +600 kg + 1,5 L AlgaTec | 5535,83 | 110,72 | 762,00 | 108,00 | 166,07 | 274,07 | 804,30 | 1078,37 | 1306,46 | 228,08 |
| T5 | Algasoil +800 kg + 2,0 L AlgaTec | 6102,04 | 122,04 | 1016,00 | 108,00 | 183,06 | 291,06 | 804,30 | 1095,36 | 1440,08 | 344,72 |
| T6 | Convencional 140 kg de N + 80 kg de P + 90 kg de K | 6686,00 | 133,72 | 600,00 | 156,00 | 200,58 | 356,58 | 804,30 | 1160,88 | 1577,90 | 417,02 |

Fertilización orgánica

Algasoil (kg) = \$ 25,0

AlgaTec (L) = \$ 8,0

Fertilización química

Urea (50 kg) = 18,0

DAP (50 kg) = 28,0

Muriato de potasio (50 kg) = 22,0

Costos

Jornal: \$ 12,00

Cosecha + Transporte (Saco): \$ 1,50

Venta Saco (50 kg): \$ 11,80

Conclusiones

Mediante los resultados obtenidos se determinaron las siguientes conclusiones:

La aplicación de Algasoil y Algatec, con sus diferentes dosis reflejó efectos negativos sobre la fertilización en el cultivo de maíz dulce (*Zea mays* L.), en la zona de Babahoyo.

La altura de planta y altura de inserción de la mazorca obtuvieron mejores promedios con el uso de 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K.

El uso de AlgaTec foliar en dosis de 2,0 L/ha fue el tratamiento que maduró en menor tiempo, comparado con el tratamiento convencional que fue el que maduro en mayor tiempo en dosis de 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K.

Con los tratamientos evaluados se obtuvo un promedio general de longitud de mazorca de 0,19 m.

Los números de granos por planta sobresalieron con el uso de Algasoil + AlgaTec en dosis de 800 kg/ha edáfico + 2,0 L/ha foliar.

El mayor rendimiento de grano se presentó con el testigo convencional de 140 kg/ha de N + 80 kg/ha de P + 90 kg/ha de K con beneficio neto de \$417,02.

Referencias bibliográficas

- Aefa. (2019). *Extractos de algas en la agricultura*. <https://aefa-agronutrientes.org/extractos-de-algas-en-la-agricultura>
- Almería. (2019). *Las algas marinas, un fertilizante eficaz y de futuro*. Disponible en http://almeria360.com/principal-agricultura/agricultura/24092013_las-algas-marinas-un-fertilizante-eficaz-y-de-futuro_91416.html
- Álvarez, J., Gómez, D., León, N., Gutiérrez, F. (2020). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44 (5), 575-586.
- Arrieché, I., Ruiz, M. (2020). Efecto de la fertilización orgánica con NPK sobre la materia orgánica y el rendimiento del maíz en suelos degradados. *Observador del Conocimiento*, 2(1), 202-211. https://www.researchgate.net/publication/304081742_Efecto_de_la_fertilizacion_organica_con_NPK_sobre_la_materia_organica_y_el_rendimiento_del_maiz_en_suelos_degradados
- García, L. (2020). Maíz Dulce, Millo, Orote o Choclo. Manual de hortalizas en América del Sur. Ed. Limusa, Mexico, Me. Pag. 221-222.
- Guerrero, J. (2019). *La aplicación de las algas marinas para la fertilización*. <http://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/la-aplicacion-de-las-algas-marinas-para-la-fertilizacion/>
- Infoagro. (2018). *Las algas en la agricultura: su uso como Fertilizante*. <http://www.infoagro.com/abonos/algas.htm>
- Innatia. (2017). *Fertilizantes orgánicos*. <http://www.innatia.com/s/c-huerta-organica/a-fertilizacion-organica.html>
- Luchsinger, A., Camilo, F. (2019). Rendimiento de maíz dulce y contenido de sólidos solubles. *Idesia (Arica)*, 26(3), 21-29. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292008000300003
- Macas, J. (2020). *La fertilización orgánica*. https://www.larousse.es/catalogos/capitulos_promocion/OL00107501_9_999981411.pdf
- Manzo, J. (2017). Fertilización orgánica. Disponible en <http://tradired.com/fertilizacion-organica/>
- Muñoz, L., Lucero, A. (2019). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja* *Agronomía Colombiana*, 26 (2), 340-346.
- Norris, J. (2018). Algas marinas como fertilizante. <http://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/algas-marinas-como-fertilizante/>
- Orozco, M.; Calvo, J.; Gamboa, J. (2017). Efecto de dos abonos orgánicos en las cadenas tróficas del suelo cultivado con mora. Effect of two organic fertilizers on food webs of soil cultivated with blackberry. *Agronomía Mesoamericana*, 28 (3), 54-69.
- Pérez, C. (2019). *Maíz dulce, rico en vitaminas y minerales*. <https://www.natursan.net/maiz-dulce-beneficios-y-propiedades/>
- Revilla, P. y Ordás, B. (2019). *El maíz dulce: una alternativa para la agricultura tradicional*. <http://www.campogalego.com/es/huerta/el-maiz-dulce-una-alternativa-para-la-agricultura-tradicional/>
- Roditti, J. (2017). *El maíz dulce es un cultivo que se presta bien para operaciones agrícolas de pequeña escala y de tiempo parcial*. <https://extension.psu.edu/produccion-de-maiz-dulce>
- Romero, C., Ocampo, J., Sandoval, E., Tobar, J. (2020). Fertilización orgánica - mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*, 8(3), 41-49.
- Ruiz, C., Russián, T., Tua, D. (2019). Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. *Agronomía Tropical*, 57(1), 7-14. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2007000100002

Santistevan, J. (2019). *Fuentes de nutrientes para la fertilización orgánica*.
[http://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/fuentes-
de-nutrientes-en-la-
fertilizacion-organica/](http://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/fuentes-de-nutrientes-en-la-fertilizacion-organica/)