



Educación
Secretaría de Educación Pública



TESIS

CON EL TEMA:

“Análisis económico del impacto de bioestimulantes elaborados con algas marinas en el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia*).”

QUE PRESENTA:

ALICIA ELENA ACEVES RODRIGUEZ

ASESOR

MC. MA. IVET CERVANTES GONZALEZ

REVISORES

**MC. GEORGINA GUZMAN PARRA
MC. REYNALDO NUÑEZ PATISHTAN**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN AGRONOMÍA

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. MARZO, 2026.



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Tlajomulco

Dirección
Subdirección Académica

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 26/Febrero/2026

No. DE OFICIO: D.SA/DEP/321/2026

ASUNTO: Autorización de impresión
definitiva y digitalización.

C. ALICIA ELENA ACEVES RODRIGUEZ
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL: OPCIÓN I (TESIS), con el tema **"Análisis económico del impacto de bioestimulantes elaborados con algas marinas en el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia*)."** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE TLAJOMULCO**

DIRECCION

C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio

C.c.p.- ☒ Minutario. -

MIBR/IGL/ATR/mjhc*



2026
año de
**Margarita
Maza**



KM 10 carretera a San Miguel Cuyutlán, Cto. Vicente Fernández Gomez C.P.45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal.

Tel. 33 29 02 11 30 e-mail: plan_tlajomulco@tecnm.mx www.tlajomulco.tecnm.mx



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Tlajomulco

Dirección

Subdirección Académica

Departamento de Ciencias Agropecuarias

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 24/Febrero/2026

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/106/2026

ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

ME. ANDREA TORRES RICO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	ALICIA ELENA ACEVES RODRIGUEZ
NO. DE CONTROL:	21940083
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"Análisis económico del impacto de bioestimulantes elaborados con algas marinas en el cultivo de limón persa (<i>Citrus latifolia</i>)."

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®

DRA. DIANA MARÍA RIVERA RODRIGUEZ

**RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
IT TLAJOMULCO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

 MC. MA. IVET CERVANTES GONZALEZ Nombre y firma del asesor	 MC. GEORGINA GUZMAN PARRA Nombre y firma del revisor	 MC. REYNALDO NUÑEZ PATISHTAN Nombre y firma del revisor
--	---	--

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio

C.c.p.- Minutario. -

DMRR/mjhc*



2026
año de
**Margarita
Maza**



ÍNDICE

ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Limón persa	4
2.1.1 Limón persa (<i>Citrus latifolia</i>) Origen	4
2.1.2 Características morfológicas del limón persa	5
2.1.3 Fenología y nutrición del limón persa	6
2.1.4 Plagas y enfermedades en los limoneros	14
2.2 Bioinsumos	17
2.2.1 Uso de bioinsumos en la producción de limón persa	17
2.2.2 Extractos de algas marinas en la producción de limón persa	19
2.2.3 Componentes de las microalgas marinas y su efecto en el limón persa	21
2.3 Análisis costo-beneficio	23
III. JUSTIFICACIÓN	25
IV. OBJETIVOS	27
4.1 Objetivo general	27
4.2 Objetivos específicos	27
V. HIPÓTESIS	28
5.1 Hipótesis general:	28
5.2 Hipótesis específica	28
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	29
6.1 Localización del proyecto	29
Misión	32
Visión	32

6.2 Espacio geográfico	37
6.3 Materiales y métodos	39
6.4 Diseño Experimental	40
6.5 Procedimiento	42
Nutrenza foliar como bioestimulante en limón persa. Compra, registro y análisis del producto elegido.	54
Análisis costo-beneficio de aplicación	60
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
7.1 Comparativos inicial y final de análisis de suelo y de tejido vegetal.....	65
7.2 Peso	68
7.3 Grados brix o Sólidos solubles totales.....	73
7.4 Altura de árboles	77
7.5 Incidencia de plagas y enfermedades	82
7.6 Análisis costo beneficio neto de la aplicación del bioestimulante a base de algas marinas.....	87
VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	90
IX. DISCUSIÓN.....	92
X CONCLUSIÓN	95
XI. REFERENCIAS	96
XII. ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

Cuadro 1	Requerimientos nutricionales por etapa fenológica	12
Cuadro 2	Principales plagas y enfermedades del limón.	15
Cuadro 3	Comparativo suelo–planta–agua	46
Cuadro 4	Comparativo de árboles en los sectores de la tabla tres.	50
Cuadro 5	Estimado de producción VS rendimiento obtenido	53
Cuadro 6	Proyección de costos de operación por hectárea en un año.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 7	Costos generales de producción por hectárea en un año.....	62
Cuadro 8	Distribución porcentual de los costos de producción por hectárea....	63
Cuadro 9	Comparativo propiedades físicas y químicas del suelo.	65
Cuadro 10	Comparativo fertilidad del suelo	66
Cuadro 11	Comparativo nutrición de tejido vegetal.....	67
Cuadro 12	Promedio de peso por limón en los 6 bloques de estudio	69
Cuadro 13	Análisis ANOVA de un solo factor peso por limón.....	69
Cuadro 14	Gráfica Peso de limón.	71
Cuadro 15	Peso por limón en los seis bloques de estudio.....	71
Cuadro 16	Análisis ANOVA de un solo factor peso por limón (Segundo pesaje)	72
Cuadro 17	Grados Brix obtenidos en los seis bloques de estudio.	73
Cuadro 18	Análisis ANOVA de un solo factor °Bx por limón.....	73
Cuadro 19.	Gráfica. Suma de °B por grupo	75
Cuadro 20.	°Bx obtenidos en los seis bloques de estudio. Segunda muestra.	76
Cuadro 21.	Análisis ANOVA de un solo factor. °B por limón (Segunda muestra)	76
Cuadro 22.	Registro de crecimiento de árboles	78
Cuadro 23	Crecimiento de limoneros en tres etapas	78
Cuadro 24	Crecimiento de árboles en centímetros. (Sep – Oct).....	79
Cuadro 25.	Análisis ANOVA de un solo factor. Crecimiento en centímetros.....	79
Cuadro 26.	Crecimiento de árboles en centímetros. (Sep – Nov).....	80
Cuadro 27	Análisis ANOVA crecimiento de árboles (Sep-Nov)	81
Cuadro 28	Proyección de ingresos en una Ha de limón persa.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Estructura de flor de limón persa.....	4
Fig. 2 Hoja alada de limón persa.....	4
Fig. 3 Estructura del limón persa.....	5
Fig. 4 Carretera Sayula - Ciudad Guzmán.....	31
Fig. 5 Empresa VEGMA.....	32
Fig. 6 Ubicación Empresa Agropecuaria VEGMA.....	32
Fig. 7 Organigrama de la Empresa Agropecuaria VEGMA.....	35
Fig. 8 Instalaciones de la Empresa Agropecuaria VEGMA.....	36
Fig. 9 Croquis ubicación de áreas de trabajo.....	38
Fig. 10 Bloques de análisis.....	41
Fig. 11 Presentación formal del proyecto mediante diapositivas.....	43
Fig. 12 Aplicación de herbicida en ambos sectores.....	48
Fig. 13 Limpieza de las parcelas de análisis y testigo.....	48
Fig. 14 Aplicación de fertilizante granulado y otros productos aplicados.....	49
Fig. 15 Árboles en existencia en la Tabla 3.....	51
Fig. 16 Estimado de producción.....	54
Fig. 17 Bioinsumo utilizado en el desarrollo del proyecto.....	56
Fig. 18 Procedimiento técnico.....	58
Fig. 19 Árbol tratado con bioinsumo a base de algas marinas.....	59
Fig. 20 Coloración foliar en sector testigo y sector de análisis.....	60
Fig. 21 Toma de muestras para medir °Bx.....	75
Fig. 22 Gallina Ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.).....	83
Fig. 23 a) Bushgrillo b) Saltamontes c) Grillo d) Daños en limonero.....	84
Fig. 24 a) Escama blanda. b) Deformación por gusano minador c) gusano minador.....	85
Fig. 25 a) Clorosis y manchas negras b) Lesiones en corteza c) Clorosis intervenal.....	87

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto agronómico y económico del uso de bioinsumos a base de algas marinas en el cultivo de *Citrus latifolia* (lima persa), mediante un análisis costo-beneficio comparativo. El estudio se desarrolla en dos parcelas de la Empresa Agropecuaria VEGMA: una parcela demostrativa con 87 árboles tratados con bioinsumos, y una parcela testigo con 114 árboles bajo manejo convencional, ambas registradas en la Tabla 3 del sistema técnico de la empresa. Se analizan variables clave como crecimiento vegetativo, peso de limón, grados Brix y productividad total. La metodología contempla la integración de indicadores técnicos, económicos y ecológicos, con aplicación posterior de análisis ANOVA de un solo factor, para validar estadísticamente los resultados. Este trabajo genera evidencia sobre la viabilidad económica del uso de algas marinas como alternativa en la producción de limón persa, contribuyendo al fortalecimiento del manejo agroecológico en la región de Sayula, Jalisco

Palabras clave: *Citrus latifolia*, bioinsumos, algas marinas, análisis costo-beneficio, productividad, manejo agroecológico.

ABSTRACT

The present research aims to evaluate the agronomic and economic impact of using seaweed-based bio-inputs in the cultivation of *Citrus latifolia* (Persian lime) through a comparative cost-benefit analysis. The study is being conducted on two plots belonging to the VEGMA Agricultural Company: a demonstration plot with 87 trees treated with bio-inputs, and a control plot with 114 trees under conventional management, both registered in Table 3 of the company's technical system. Key variables such as vegetative growth, Brix degrees, and total productivity are being analyzed. The methodology includes the integration of technical, economic, and ecological indicators, with subsequent application of one-way ANOVA analysis to statistically validate the results. This study aims to generate evidence on the economic viability of using seaweed as an alternative in Persian lime production, contributing to the strengthening of agroecological management in the Sayula region of Jalisco.

Key words: *Citrus latifolia*, bio-inputs, seaweed, cost-benefit analysis, productivity, agroecological management.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna enfrenta el reto de incrementar la productividad de los cultivos sin comprometer la sostenibilidad ambiental ni la calidad de los alimentos. En el caso del limón persa (*Citrus latifolia*), la presión del mercado internacional exige frutos de alta calidad, con características organolépticas óptimas y parámetros estandarizados.

En este contexto, México ha destacado como el segundo productor mundial de limón, con un volumen de tres millones 239 mil 915 toneladas, lo que evidencia la magnitud y competitividad del sector. Jalisco, por su parte, ocupa la séptima posición nacional con una producción de 108,797 toneladas y un ritmo de crecimiento constante; de esta cifra, las regiones Ciénega y Lagunas aportan alrededor de 25,500 toneladas. Sayula, perteneciente a la región Lagunas, ha incorporado recientemente el cultivo de limón persa, considerándose aún una actividad emergente, pero con un notable potencial productivo y estratégico.

Sin embargo, la dependencia de insumos químicos para mantener la sanidad y nutrición de los árboles ha generado costos elevados y efectos negativos sobre los agroecosistemas.

Ante esta problemática, los bioinsumos se han consolidado como alternativas viables para mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental, destacando los extractos de algas marinas, empleados como bioestimulantes de amplio espectro ya que contienen una mezcla de compuestos bioactivos como: reguladores de crecimiento vegetal, polisacáridos, aminoácidos, fitohormonas, minerales, etcétera, que actúan sobre la fisiología de la planta promoviendo el desarrollo radicular, la fotosíntesis, la tolerancia al estrés y otras bondades. (Espinoza, 2020) Como bien lo mencionó el Doctor Patrick Du Jardin (2015) en su informe para la Comisión Europea: *“Los efectos hormonales observados en cultivos tratados con extractos algales no se explican por la presencia directa de*

fitohormonas, sino por compuestos bioactivos que modulan la fisiología vegetal mediante la activación de rutas hormonales internas.”

El impacto de los bioestimulantes derivados de algas no se limita a la calidad del fruto tienen también un efecto positivo en el desarrollo vegetativo del árbol, mayor contenido de clorofila, incremento en la actividad enzimática antioxidante y mejor eficiencia en la absorción de nutrientes. Estos efectos se traducen en árboles más vigorosos, con mayor capacidad de sostener cargas productivas y de enfrentar condiciones de estrés abiótico como sequía o salinidad y mejora la calidad comercial del fruto.

El presente proyecto de investigación aplicada se orienta a la evaluación costo-beneficio del uso de bioinsumos a base de algas marinas en el cultivo de limón persa.

Para ello, se analizarán parámetros técnicos como grados Brix, peso del fruto, productividad por bloque y desarrollo vegetativo del árbol, con el fin de constatar los beneficios agronómicos y económicos derivados de la aplicación del producto.

La importancia de este estudio radica en la generación de evidencia científica y práctica sobre la viabilidad de integrar bioinsumos en sistemas citrícolas, contribuyendo a la transición hacia modelos de producción más sostenibles, competitivos y alineados con estándares internacionales de calidad.

Asimismo, se describe la metodología implementada para la obtención y sistematización de los resultados, los cuales constituyen la base para evaluar la viabilidad técnica y económica de la aplicación del bioinsumo en el cultivo. El análisis contempla la identificación y cuantificación de los costos directos e indirectos asociados a su uso, así como la estimación de los beneficios productivos y económicos derivados de su implementación. La relación entre ambos parámetros se determina mediante el indicador de evaluación de Retorno sobre la Inversión (ROI).

En suma, el uso de extractos de algas marinas como bioestimulantes en el cultivo de limón persa representa una estrategia innovadora y sustentable que puede transformar la manera en que se conciben los sistemas agrícolas. Este proyecto de investigación aplicada busca demostrar que la sostenibilidad y la rentabilidad no son objetivos contrapuestos, sino dimensiones complementarias que, al integrarse, fortalecen la competitividad y la responsabilidad social del sector citrícola.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Limón persa

2.1.1 Limón persa (*Citrus latifolia*) Origen

La lima ácida variedad Tahití (*Citrus latifolia*), conocida en México como limón persa, es un cítrico de origen tropical cuya relevancia comercial se ha consolidado en décadas recientes. Su centro de origen no ha sido determinado, pero, se cree que esta variedad se desarrolló a partir de semillas de cítricos introducidas desde la isla de Tahití, lo que explicaría su nombre actual. (Campbell 1974 Op. cit. Rodríguez, 2002 p. 8).

Martínez, Beltrán & Orduz-Rodríguez citando a Morton (1987), señalan que la variedad sin semilla conocida como *Bearss lime* fue desarrollada hacia 1895 por John T. Bearss en un vivero de Porterville, California, esta versión fue adoptada en Estados Unidos y posteriormente en México, donde se le denominó limón persa. (2021, p. 25)

Los mismos autores mencionan que pudo originarse alrededor del año 4000 a. C., en la región indomalaya citando a Nicolosi et al., (2000), llegando al imperio árabe y propiciando el cultivo en África del Norte y el Cercano Oriente, llevada posteriormente a Persia, y transportada tal vez por barcos mercantes a América y Australia aproximadamente en 1824. (Martínez, Beltrán & Orduz-Rodríguez, 2021, p. 26)

Otros autores han propuesto que el limón persa puede ser un híbrido entre *Citrus aurantiifolia* y *Citrus limon*, posiblemente originado en Medio Oriente y expandido a través de rutas comerciales hacia Asia, Europa y América.

De igual forma existen varias versiones acerca de la introducción del limón persa a México, la más señalada es que fue introducido por la empresa Coca Cola en Veracruz en el año 1970 con la finalidad de obtener ácido cítrico para la elaboración de sus bebidas gaseosas, sin embargo se obtuvo poco aceite de los

limones por lo que no sirvieron para el fin primario, el cultivo creció en ese estado y debido a una contingencia con el limón mexicano, el persa pudo ser colocado en el mercado internacional. (Schwentenius R., & Gómez M. 2005, p. 56).

2.1.2 Características morfológicas del limón persa

El limón persa (*Citrus latifolia*) es una especie cítrica de tamaño medio a grande crece alcanzando alturas hasta de 6 metros, se caracteriza por la escasa presencia de espinas. Su follaje es abundante y su color va de un tono verde claro en hojas jóvenes a verde oscuro en las maduras.

Presenta hojas lanceoladas, con variación en el tamaño y la forma del peciolo que puede o no ser alado. Las flores son pequeñas, blancas, de fuerte y agradable aroma, tienen cinco pétalos blancos de aproximadamente 2,5 cm de largo, es hermafrodita por lo que es posible la polinización, incluso sin agentes polinizadores. La floración se manifiesta de manera casi continua a lo largo del año, con mayor intensidad en los meses de mayo - junio y octubre – noviembre. (Martínez et al. 2021)

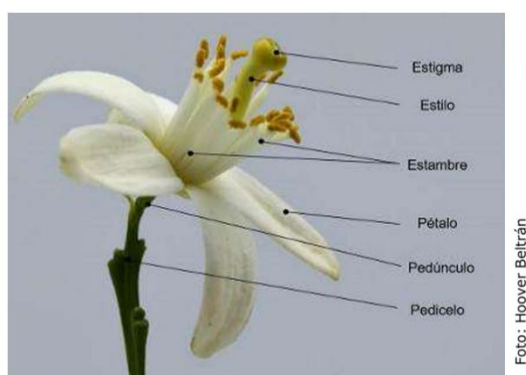


Fig. 1 Estructura de flor de limón persa.

Fuente: Martínez et al. (2021)



Fig. 2 Hoja alada de limón persa

Recuperada de www.biologia.edu.ar/botanica

El fruto es ovalado, con cáscara verde intensa que se torna amarillo pálido al madurar, y pulpa amarillo-verdosa, presenta una base redondeada y ápice también redondo. La presencia de semillas es mínima o nula, La cáscara es delgada, de textura lisa y color amarillo pálido en estado de madurez; sin

embargo, para fines de exportación se exige una cáscara de superficie ligeramente rugosa, color verde oscuro y calibre medio. (INTAGRI, 2018)

El ciclo de desarrollo del fruto, desde la floración hasta la cosecha, oscila entre 100 y 120 días. Su peso promedio va de los 70 a los 90 gramos. Cada fruto contiene en promedio 10 lóculos o segmentos de color amarillo-verdoso. La pulpa es jugosa, de color amarillo verdoso pálido, con sabor ácido. El contenido de jugo representa aproximadamente el 50% del peso total del fruto, con valores promedio de 9% en grados Brix. (Rodríguez, 2002)

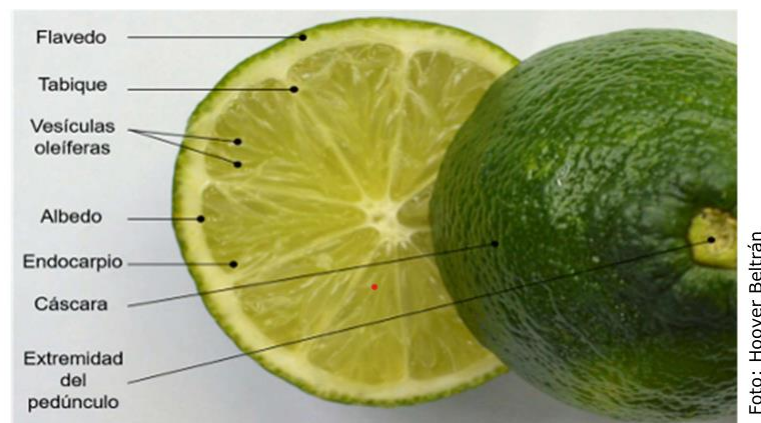


Fig. 3. Estructura del limón persa.

Fuente: Martínez et al. (2021)

2.1.3 Fenología y nutrición del limón persa

2.1.3.1 Importancia de la fenología

Conocer la fenología del limón persa (*Citrus latifolia*) es fundamental para el productor porque le permite tomar decisiones agronómicas sostenibles encaminadas a optimizar el manejo del cultivo en función de crear las condiciones necesarias para el aumento en la productividad del cultivo.

La fenología estudia las etapas del desarrollo de la planta: brotación, floración, cuajado, crecimiento del fruto, maduración y senescencia. En el caso del limón

persa, estas etapas están influenciadas por factores como clima, manejo agronómico y tipo de bioinsumos aplicados.

El que un agricultor conozca las etapas fenológicas de su cultivo le permite:

- Planear las actividades agrícolas, calendarizando labores como podas, fertilización, riego, control fitosanitario y aplicaciones de bioinsumos evitando el desperdicio y mejorando su impacto en el cultivo ya que los bioestimulantes, fungicidas ecológicos o inductores de resistencia deben aplicarse en momentos específicos para ser efectivos.
- Evita intervenciones en momentos sensibles para el cultivo, por ejemplo, durante la floración. En zonas como Sayula, donde hay floraciones múltiples, entender la fenología permite escalonar la producción, anticipar la época de cosecha, organizar la logística y mejorar la comercialización.
- Realizar una evaluación técnica y económica, facilitando el análisis costo-beneficio de las prácticas agrícolas.
- Implementar un manejo ecológico de plagas y enfermedades anticipando brotes y aplicando controles preventivos, ya que algunas plagas tienen ciclos sincronizados con la fenología del cultivo.
- Diseñar bitácoras técnicas más precisas, justificando las fechas de aplicación.
- Comunicar con claridad los resultados a VEGMA y otros actores.

2.1.3.2 Etapas fenológicas

El ciclo de vida del limón persa se divide en las siguientes etapas:

Germinación: Comienza con la siembra de la semilla, la cual, al romper la testa da origen a la raíz principal, que penetra el sustrato en busca de anclaje y absorción de recursos y simultáneamente se desarrolla la plúmula que asciende hacia la superficie, atraviesa el suelo y despliega los cotiledones, iniciando la fotosíntesis al exponerse a la luz solar. (Agronoblog, 2025)

Considerar el costo-beneficio de bioinsumos aplicados durante la germinación es esencial para garantizar una inversión rentable desde el inicio del ciclo productivo ya que una germinación vigorosa y uniforme reduce la necesidad de resiembra, optimiza el uso de insumos y acorta los tiempos de establecimiento del cultivo.

Brotación: La etapa de brotación determina la fisiología inicial de la planta y su capacidad fotosintética futura. Una brotación saludable contribuye a la formación de estructuras productivas que incidirán en la calidad del fruto, aspecto que influye en la decisión de compra del consumidor final. Se caracteriza por los brotes que emergen a partir de las yemas axilares, aparece al menos un brote visible, y se extiende hasta el desarrollo de brotes con alargamiento de los entrenudos. Durante este proceso, se inicia la expansión de la lámina foliar, lo cual reviste gran importancia, dado que las hojas constituyen el principal órgano fotosintético de la planta.

Para favorecer un crecimiento vigoroso de nuevos brotes y tejido foliar, es esencial que la planta disponga de agua y nutrientes que pueden ser suficientes, sin embargo, el uso de bioinsumos durante esta fase, puede mejorar la calidad del follaje y acelerar el desarrollo, aunque también implica una inversión que debe ser valorada. Esta etapa se considera concluida cuando se observa el desarrollo de brotes hasta el noveno nodo, con hojas verdaderas completamente desplegadas en cada uno de ellos. (Carbajo, 2019)

Desarrollo vegetativo: El limón persa experimenta un crecimiento activo en su estructura aérea y subterránea, desarrollando ramas, hojas, tallos y raíces, la planta se consolida morfológica y funcionalmente. En esta etapa pueden invertirse en forma prolongada tiempo e insumos, ya que se extiende hasta tres años antes de obtener frutos comercializables, por ello, las decisiones agronómicas que se tomen durante este periodo deben ser evaluadas bajo criterios de costo-beneficio.

La poda desempeña un papel esencial en esta fase, ya que permite dar forma al árbol, eliminar tejido dañado o enfermo, y favorecer la circulación del aire y la penetración de la luz solar entre las ramas, lo cual contribuye a la salud general del cultivo. La fertilización y riego pueden ser suficientes, pero la aplicación de un bioinsumo a base de algas marinas brinda un plus al desarrollo vegetativo que influirá en la calidad del fruto que espera el consumidor final. El objetivo durante esta fase es fomentar un crecimiento vigoroso y equilibrado que soporte la futura producción de frutos. (Agronoblog, 2025)

Floración: Inicia cuando emerge un botón floral a partir de una yema. Este proceso es de vital importancia para la formación de frutos, ya que la cantidad y calidad de las flores inciden directamente en el potencial de la cosecha, en la formación de frutos con características comerciales deseables y por ende, en los ingresos esperados, por ello, durante esta fase es fundamental implementar medidas de protección contra plagas y enfermedades, preferentemente mediante prácticas agrícolas orgánicas, así como asegurar el suministro de nutrientes esenciales que favorezcan una floración abundante y saludable que puede ser inducida mediante el uso de bioestimulantes con la finalidad de mejorar significativamente el rendimiento por hectárea, incrementar la eficiencia reproductiva del cultivo y mejorar la relación costo-beneficio, especialmente cuando se buscan mercados de alta demanda.

La floración se divide en dos subetapas que permiten monitorear el progreso reproductivo del cultivo y establecer estrategias de manejo oportunas para maximizar el potencial productivo del árbol. (Agronoblog, 2025)

I): Desarrollo inicial de los botones florales hasta que estos se alargan y se hacen plenamente visibles.

II): Apertura de la primera flor y se extiende hasta la caída de la mayoría de los pétalos, posterior a la floración plena. (Carbajo, 2019)

Fructificación: Esta etapa representa el momento más crítico en términos de retorno económico, ya que define el volumen y calidad del producto comercializable. Inicia tras la polinización de las flores, dando lugar al desarrollo de los frutos, proceso que puede extenderse durante varios meses y se divide en dos subetapas: el cuajado de frutos y el crecimiento del fruto.

El cuajado exitoso de frutos evita pérdidas significativas económicamente hablando. Las flores polinizadas pierden sus pétalos y se transforman en pequeños frutos con un diámetro aproximado de 10 mm que requieren un suministro constante de agua y nutrientes para evitar la caída prematura, la cual puede comprometer la producción.

Crecimiento del fruto: Los limones incrementan su tamaño y acumulan compuestos esenciales. El aporte de agua y macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) resulta indispensable para asegurar un desarrollo saludable y uniforme del fruto que garantice calibres óptimos, contenido de jugo adecuado y grata apariencia para comercializar. Estudios realizados en Veracruz han demostrado que el manejo nutricional y el uso de bioestimulantes en esta etapa puede incrementar el rendimiento por hectárea y mejorar la relación costo-beneficio. (Castro, 2023)

La etapa de fructificación se considera concluida cuando los frutos alcanzan el tamaño comercial óptimo, cercano a los 60 mm de diámetro. (Agronoblog 2025)

Maduración: Esta etapa representa el cierre del ciclo productivo y la consolidación del rendimiento económico del cultivo. Inicia con un cambio paulatino en la coloración de la cáscara, que progresa hasta alcanzar una tonalidad uniforme. El tamaño, peso y color del fruto, son elementos que determinan su precio en el mercado, especialmente en esquemas de exportación donde se exigen estándares estrictos.

Una vez que los frutos han alcanzado su estado de madurez fisiológica y comercial, se procede a la cosecha. (Agronoblog, 2025)

Una cosecha bien programada y técnicamente respaldada puede reducir pérdidas por sobremadurez, mejorar la presentación del producto y aumentar la satisfacción del consumidor, influyendo directamente en su decisión de compra. Por tanto, esta etapa debe ser considerada dentro del análisis costo-beneficio integral del sistema de producción orgánica de limón persa.

Senescencia. Las hojas cambian de color pasando del verde al amarillo debido a la degradación de la clorofila, entonces se desprenden de las ramas. Este proceso ayuda a la planta a conservar energía. Cuando la mayoría de las hojas han caído, el limonero entra en un estado de reposo, reduce su actividad metabólica al mínimo para sobrevivir condiciones adversas, como el frío o la sequía, pues este proceso no siempre significa que el árbol morirá. (Muñoz Lazcano et al., 2011)

Comprender el ritmo estacional de la senescencia permite sincronizar la nueva producción con el movimiento de mercado, mejorando la rentabilidad del cultivo, por lo que esta fase también debe considerarse dentro de una estrategia integral de manejo técnico y económico del cultivo de limón persa.

2.1.3.3 Nutrición en etapas fenológicas del limón persa

La nutrición vegetal es un componente esencial en el manejo agronómico del limón persa, ya que influye directamente en el desarrollo vegetativo, la floración, el cuajado, la calidad del fruto y la productividad del cultivo. Cada etapa fenológica presenta requerimientos específicos de macro y micronutrientes, cuya disponibilidad y equilibrio determinan la eficiencia fisiológica de la planta.

Un manejo nutricional basado en análisis de suelo y tejido vegetal permite optimizar el uso de fertilizantes, reducir impactos ambientales y mejorar la rentabilidad del sistema productivo.

Cuadro 1 Requerimientos nutricionales por etapa fenológica

Etapa fenológica	Nutrientes clave	Dosis sugerida (kg/ha)¹	Función principal en la etapa
Brotación y floración	N, P, B, Zn, Mg	N: 40–60 P: 20–30 B: 1–2 Zn: 2–3 Mg: 10–15	Estimula brotes, floración uniforme y polinización eficiente
Cuajado de fruto	K, Ca, B, Zn	K: 40–60 Ca: 30–40 B: 1–2 Zn: 2–3	Favorece fijación del fruto, reduce aborto floral
Desarrollo de fruto	K, Ca, Mg, N	K: 60–80 Ca: 40–50 Mg: 15–20 N: 30–40	Promueve llenado, firmeza y calidad interna del fruto
Maduración	K, Ca, Mg, Mn	K: 40–60 Ca: 30–40 Mg: 10–15 Mn: 1–2	Mejora color, sabor y resistencia postcosecha
Postcosecha	N, P, K, Fe, Zn	N: 20–30 P: 10–20 K: 30–40 Fe: 2–3 Zn: 2–3	Recuperación vegetativa y preparación para siguiente ciclo

Nota: Adaptada de (Aburto-González et al., 2021)

2.1.3.4 Función fisiológica de los nutrientes esenciales en cítricos

De acuerdo con López (2018), quien cita diversos autores especializados en nutrición vegetal, los elementos esenciales desempeñan funciones específicas en el desarrollo y productividad de los cítricos, particularmente en el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia*):

- **Nitrógeno (N):** Nutriente requerido en mayor cantidad por los cítricos, forma parte estructural de los ácidos nucleicos, proteínas y clorofila, incidiendo directamente en la morfología foliar y en la eficiencia fotosintética. (citado en López, 2018, según Alayón et al., 2014).
Su influencia directa en el crecimiento vegetativo y calidad del fruto se traduce en mayores calibres y mejor apariencia comercial, lo que incrementa el precio por kilogramo en mercados de exportación. Una nutrición nitrogenada eficiente reduce pérdidas por frutos pequeños o deformes, mejorando la relación beneficio-costos del cultivo.
- **Fósforo (P):** Por su alta movilidad se incorpora rápidamente al metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, lo que se refleja en mayor rendimiento por hectárea. Participa en procesos energéticos como la fotosíntesis, respiración y asimilación de nitrógeno, esto justifica su inversión, ya que potencia la productividad del cultivo. (citado en López, 2018, según Maldonado et al., 2001; Alayón et al., 2014).
- **Potasio (K):** Interviene en el metabolismo de azúcares, síntesis proteica, división celular y neutralización de ácidos orgánicos. Su impacto en el llenado del fruto y acumulación de azúcares mejora el contenido de jugo y el peso comercial, atributos clave en la decisión de compra del consumidor final, además, reduce pérdidas por frutos vacíos o de baja densidad. (citado en López, 2018, según Alayón et al., 2014; Mattos et al., 2005).
- **Calcio (Ca):** Contribuye a la formación de membranas celulares, actividad meristemática y regulación enzimática, fortalece los tejidos frente a patógenos, prolonga la vida postcosecha, reduce mermas durante transporte y almacenamiento, lo cual es crucial en cadenas de exportación. (citado en López, 2018, según Sadeghian et al., 2013; Yfran et al., 2017).

- **Magnesio (Mg):** Elemento central de la molécula de clorofila, participa como coenzima en la fijación de CO₂ y en la regulación de aniones y cationes. Es responsable del equilibrio del pH y de la turgencia celular. Su papel en la fotosíntesis y regulación iónica favorece la estabilidad fisiológica del cultivo, lo que se traduce en menor incidencia de estrés abiótico y mayor uniformidad en la producción. Su alta movilidad en los tejidos foliares permite su translocación desde hojas viejas a nuevas, por lo que los síntomas de deficiencia se manifiestan primero en hojas maduras (citado en López, 2018, según Roos, 2004; Legas et al., 2008).

La comprensión de la función fisiológica de los nutrientes esenciales en los limoneros permite tomar decisiones de compra informadas sobre fertilizantes o bioinsumos, priorizando aquellos que maximizan el retorno económico. Integrar fuentes sostenibles como microalgas no solo mejora la eficiencia nutricional, sino que también fortalece la viabilidad económica y ecológica del sistema productivo.

2.1.4 Plagas y enfermedades en los limoneros

La toma de decisiones fitosanitarias en el cultivo de limón debe sustentarse en información confiable y verificable, derivada del registro sistemático de datos. Para ello, es indispensable realizar análisis previos de suelo, agua y tejido foliar, los cuales permiten identificar la disponibilidad real de nutrientes en el sistema productivo. Esta información es clave para discernir si los síntomas observados en las plantas corresponden a la presencia de plagas o a enfermedades asociadas a deficiencias nutricionales, ya que en muchos casos las manifestaciones visuales pueden ser similares. Un diagnóstico certero, basado en evidencia analítica, es fundamental para implementar estrategias de manejo adecuadas y sostenibles.

Diversos organismos, instituciones y empresas han realizado investigaciones respecto a las principales plagas y enfermedades que afectan al limón persa, tal es el caso de Intagri, Portal frutícola, SADER, Fertilab entre otros, y desde luego, diversos autores también han compilado información al respecto, por mencionar

algunos: Manzanilla (2018) o Carbajo (2019), en sus artículos hacen mención de los daños que causan en los cultivos y realizan recomendaciones para combatir las plagas o para tratar enfermedades.

Con información obtenida de diversa bibliografía se presenta el siguiente cuadro informativo:

Cuadro 2. Principales plagas y enfermedades del limón.

Principales plagas y enfermedades del limón		
Enfermedad	Imagen	Tratamiento
Ahogamiento o “Damping off” , causado por tres patógenos del suelo: <i>Rhizotocnia solani</i> , <i>Pythium</i> sp. y <i>Phytophthora</i> spp.,		Evitar malezas que puedan albergar a este hongo oportunista. Proveer drenaje adecuado del suelo y evitar el exceso de riego.
Gomosis (<i>Phytophthora</i> spp.)		<i>Trichoderma</i> spp. eficaz contra <i>Phytophthora</i> , Aceite de neem y extractos de ajo tienen propiedades antifúngicas. Aplicaciones de compost enriquecido con microorganismos benéficos pueden mejorar la resistencia del árbol. Caldo sulfocálcico para controlar hongos en la corteza.
Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>)		<i>Trichoderma</i> spp. inhibe el desarrollo del hongo patógeno. Aceite de neem y extractos de ajo tienen propiedades antifúngicas. Compost. Caldo bordelés para el control de enfermedades fúngicas. Mejorar la ventilación del cultivo y evitar el exceso de humedad.
Fumagina (<i>Capnodium citri</i>)		<i>Trichoderma</i> spp. reduce la presencia del hongo. Aceite de neem y extractos de ajo. Compost. Jabón potásico. Caldo bordelés para el control de enfermedades fúngicas.
Huanglongbing (<i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i>)		No tiene cura. Cortar ramas afectadas, o árbol afectado antes que contagie el cultivo. Quemar lejos del plantío

Virus de la tristeza de los cítricos (Citrus tristeza virus, CTV Raza severa)		El control de malezas con el rastreo para reducir plantas hospederas del áfido. Aspersión de agua sobre el follaje con un volumen de agua de 1000 a 1200 litros/hectárea. Erradicación de plantas infectadas por el CTV.
Wood pocket		<i>Trichoderma spp.</i> mejora la salud del suelo y estimula la resistencia de la planta. Compost enriquecido con microorganismos benéficos Aplicaciones de algas marinas pueden mejorar la expresión de genes antioxidantes relacionados con la respuesta al estrés. Caldo sulfocálcico, fortalece la estructura de la planta y reduce la incidencia de daños en la corteza. Optimizar el manejo del riego
Plaga	Imagen	Tratamiento
Psílido asiático de los cítricos (<i>Diaphorina citri</i>) (Insecto vector del HGB)		Se pueden utilizar ácaros depredadores, como <i>Amblyseius swirskii</i> para alimentarse de los huevos y las ninfas de diaphorina. Las crisopas, como <i>Chrysoperla carnea</i> pueden utilizarse para controlar la plaga depredando los huevos y las ninfas. Utilizar trampas adhesivas para controlar la población de <i>Diaphorina citri</i> , puede ayudar a identificar cuando se necesitan medidas de control. Agentes microbiológicos como el hongo entomopatógeno <i>Isaria fumosorosea</i> también puede utilizarse para controlar a las diaphorinas.
Ácaros de los Cítricos (<i>Tetranychus urticae</i> , <i>Panonychus citri</i> , <i>Eutetranychus orientalis</i> , <i>Eryophis seldoni</i>)		Organismos de control biológico: <i>Euseius stipulatus</i> ; <i>Conwentzia psociformis</i> ; <i>Crysopa spp.</i> ; <i>Stethorus punctillum</i> ; <i>Neoseiulus californicus</i> ; <i>Phytoseiulus persimilis</i> .
Araña roja (<i>Panonychus citri</i>), plaga		<i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> ayudan a reducir poblaciones de ácaros. Aceite de neem e infusiones de ajo y guindilla. Jabón potásico.

		Introducción de ácaros depredadores como <i>Phytoseiulus persimilis</i> y <i>Neoseiulus californicus</i> . Monitorear la población.
Escama de nieve (<i>Unaspis citri</i>), plaga		Aceite de neem y extractos de ajo. Hongos entomopatógenos: <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> pueden contribuir al control de la plaga. Jabón potásico: Elimina la capa protectora de la escama, facilitando la acción de los enemigos naturales.
Minador de la hoja (<i>Phyllocnistis citrella</i>), plaga		<i>Organismos de control biológico: Pnigalio mediterraneus. Cirrospilus vittatus. Ageniaspis citricola</i>
Pulgon (<i>Aphis gossypii</i> , <i>Toxoptera citricida</i> , <i>Aphis spiraecola</i>), plagas		La crisopa (<i>Chrysopa</i>) es un enemigo natural voraz que tiene preferencia por todos los estadios del pulgón. <i>I. fumosorosea</i> (NoFly WP) infecta a los pulgones y eventualmente les causa la muerte.
Mosca prieta (<i>Aleurocanthus woglumi</i>), plaga		Parasitoides de los géneros <i>Aphytis</i> , <i>Encarsia</i> y <i>Aspidiotiphagus</i> . Depredadores de la familia <i>Coccinellidae</i> . Aceite de neem y extractos de ajo. Hongos entomopatógenos: <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> . Jabón potásico.
Mosca blanca algodonosa. (<i>Aleurothrix floccosus</i> Mask)		Eliminar los brotes vegetativos excesivos. Realizar podas de aireación. Parasitoides de los géneros <i>Aphytis</i> , <i>Encarsia</i> y <i>Aspidiotiphagus</i> . Depredadores de la familia <i>Coccinellidae</i> . Hongos entomopatógenos: <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> . Jabón potásico.

2.2 Bioinsumos

2.2.1 Uso de bioinsumos en la producción de limón persa

En el contexto actual, caracterizado por las crecientes exigencias del mercado internacional, los productores agrícolas enfrentan el desafío de cumplir con entregas oportunas y en volúmenes específicos de limón persa, asegurando que

el producto cumpla con los parámetros de calidad establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas y los estándares fitosanitarios internacionales.

La producción de limón persa se ve comprometida por la incidencia de plagas y enfermedades, así como por el agotamiento progresivo de los nutrientes esenciales en el suelo, resultado de prácticas agrícolas intensivas y condiciones edafoclimáticas adversas. Ante los síntomas de estrés fisiológico y deterioro estructural que presentan los árboles, los productores han comenzado a valorar la incorporación de insumos biológicos como complemento estratégico dentro del programa de fertilización.

Diversos autores han señalado que el empleo de bioestimulantes naturales representa una estrategia innovadora y ambientalmente sostenible dentro del manejo agronómico, ya que estos compuestos favorecen procesos fisiológicos clave, además, contribuyen a incrementar la productividad de los cultivos y a fortalecer la tolerancia de las plantas frente a múltiples factores de estrés abiótico (Colla y Rouphael, 2020)

Los mismos autores señalan que: "Un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o los rasgos de calidad de los cultivos, independientemente de su contenido de nutrientes". (Colla y Rouphael, 2020) pero cabe señalar que no suplen los principales nutrientes indispensables para el desarrollo de la planta y tampoco previenen las enfermedades, aun así, son desencadenantes de respuestas específicas de las plantas ante desafíos ambientales, nutricionales o hídricos que pudieran enfrentar.

En su nuevo Reglamento la Unión Europea establece que: "Un bioestimulante vegetal será un producto fertilizante de la UE cuya función es estimular los procesos de nutrición vegetal independientemente del contenido de nutrientes del producto con el único objetivo de mejorar una o más de las siguientes

características de la planta: I) eficiencia en el uso de nutrientes, II) tolerancia al estrés abiótico, III) rasgos de calidad, o IV) disponibilidad de nutrientes confinados en el suelo o la rizosfera" (UE, 2019. Op. cit. Colla y Rouphael, 2020).

Los bioestimulantes de origen vegetal, se clasifican según las funciones agronómicas que desempeñan en el cultivo, se incluyen compuestos bioactivos de origen natural como los ácidos húmicos y fúlvicos, los hidrolizados proteicos provenientes de fuentes animales y vegetales, los extractos de macroalgas y el silicio. Asimismo, se consideran bioestimulantes aquellos microorganismos benéficos que inciden positivamente en la fisiología vegetal, tales como las microalgas, los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y las bacterias fijadoras de nitrógeno pertenecientes a géneros como *Rhizobium*, *Azotobacter* y *Azospirillum*. (Colla y Rouphael, 2020)

2.2.2 Extractos de algas marinas en la producción de limón persa

Las macroalgas suelen recolectarse directamente del entorno marino, lo que representa un desafío para garantizar la uniformidad en la calidad de la materia prima. Su composición química puede variar en función de factores como la etapa de desarrollo del tejido, las condiciones ambientales, la disponibilidad de nutrientes y el momento específico de la cosecha. A esto se suma la creciente preocupación por la contaminación de cuerpos de agua, que restringe el uso seguro de biomasa marina en la elaboración de bioestimulantes en diversas regiones. (Chiaiese et al. 2018)

El cultivo de microalgas representa una alternativa estratégica para mejorar la estandarización de la materia prima y reducir los costos asociados a la producción de biomasa marina. Se estima que existen entre 50,000 y un millón de especies de microalgas, muchas de las cuales aún no han sido caracterizadas completamente. En los ecosistemas acuáticos, desempeñan un papel fundamental como productores primarios, y han logrado adaptarse a ambientes terrestres, alcanzando densidades de hasta 100 millones de células por gramo de suelo. A pesar de su enorme potencial genético, la explotación comercial de

microalgas se ha centrado en unas pocas especies, utilizadas principalmente como suplementos nutricionales. Entre las más empleadas industrialmente se encuentran *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Isochrysis*, *Nannochloropsis*, *Porphyridium* y *Spirulina*. (Chiaiese et al. 2018)

Diversos autores citados por Chiaiese et al. (2018) señalan que los métodos de aplicación de las microalgas en la agricultura dependen del producto elaborado y la formulación empleada. Pueden integrarse como enmienda del suelo líquida, enmienda del suelo en polvo o granulada, pulverización foliar, o empapado de sustrato/suelo con cultivo de algas y coinciden al mencionar que el método de aplicación foliar parece ser el más eficiente.

Varias empresas incursionan actualmente con la producción de microalgas aplicadas a cultivos agronómicos utilizando procesos innovadores, y siendo respetuosos del medio ambiente ya que al producir un litro de biomasa de microalgas se retiran 2 kilos de CO₂ de la atmósfera. (AlgaEnergy, s/f)

La selección del procedimiento de extracción para obtener compuestos bioactivos a partir de microalgas depende fundamentalmente del tipo de biomasa utilizada y de las características específicas de las moléculas que se desean recuperar. Tradicionalmente, se han empleado disolventes orgánicos en estos procesos; sin embargo, estas técnicas presentan limitaciones importantes, como el elevado consumo de solventes, bajos rendimientos y tiempos prolongados de operación. Actualmente se han desarrollado alternativas más eficientes y seguras, nuevas tecnologías de extracción entre ellas la extracción asistida por microondas (MAE), la extracción líquida bajo presión (PLE), el uso de fluidos supercríticos (SFU) y la aplicación de ultrasonido (AAE). (Estupiñan, 2024). Estas metodologías permiten obtener extractos con todos los componentes de la materia prima y en condiciones libres de solventes, reduciendo riesgos para la salud humana y vegetal. (Michalak y Chojnacka, 2014, 2015. Op. cit. Chiaiese et al. 2018)

2.2.3 Componentes de las microalgas marinas y su efecto en el limón persa

Las características principales de las microalgas son, su diminuto tamaño ya que generalmente están compuestas de una sola célula y su gran capacidad para realizar la fotosíntesis, esto debido a la presencia de pigmentos fotosintéticos y de clorofila en su composición celular. (Agropedia, 2019)

Aunque existen más de 50,000 especies de microalgas en el mundo, sólo cien han sido estudiadas y únicamente 20 están siendo usadas en la actualidad con fines cosméticos, médicos, como superalimento, alimento para animales y bioinsumos en la agricultura. (Agropedia, 2019)

Las microalgas aportan a los cultivos una serie de compuestos como lo son: proteínas, ácidos grasos Omega-3, carbohidratos, carotenoides, polisacáridos, vitaminas y fitohormonas, etc., (Pérez, 2022. p. 72) e influyen en el limonero de la siguiente manera:

Péptidos: Actúan como señales moleculares que activan defensas naturales y mejoran la resistencia a estrés.

Fitohormonas: Regulan el crecimiento, floración, desarrollo de frutos y respuestas al estrés. Específicamente las citoquininas y auxinas actúan en la división celular, inducen la brotación floral aumentando el número de flores por árbol.

Ácidos grasos: Participan en la formación de membranas celulares y pueden tener efectos antifúngicos o insecticidas.

Macro y Micronutrientes: Los extractos de microalgas contienen una amplia gama de micro y macroelementos esenciales para la fotosíntesis, formación de frutos y resistencia a enfermedades; complementan la fertilización y aseguran que la nutrición sea completa por sus formas fácilmente asimilables por la planta.

Pigmentos y carotenoides: Protegen contra radiación UV, mejoran la fotosíntesis y tienen propiedades antioxidantes.

Aminoácidos: Mejoran la síntesis de proteínas, estimulan el metabolismo y ayudan en la recuperación post-estrés.

Vitaminas: Funcionan como antioxidantes y cofactores enzimáticos, fortaleciendo el sistema inmunológico vegetal.

Polisacáridos: Mejoran la estructura del suelo, estimulan microorganismos benéficos y pueden inducir resistencia sistémica.

Los aminoácidos, vitaminas y polisacáridos presentes en las microalgas fortalecen los órganos florales, haciéndolos más viables. Esto se traduce en una mejor polinización y fecundación, por ende, en una reducción significativa de la tasa de aborto de frutos jóvenes que impacta negativamente en la cosecha.

Poliaminas: Ayudan en la división celular, desarrollo de raíces y tolerancia a condiciones adversas como salinidad o sequía.

Pérez (2022) señala entre los aminoácidos esenciales y no esenciales algunos que se encuentran contenidos en las microalgas y que favorecen el desarrollo del limón persa, entre ellos:

- Ácido glutámico y glicina: Estimulan la fotosíntesis y la síntesis de clorofila. La betaína (trimetilglicina) actúa como regulador osmótico, la aplicación de microalgas ayuda a la planta a retener agua y a mitigar el daño celular causado por el estrés abiótico.
- Prolina y arginina: Ayudan en la tolerancia al estrés hídrico y salino.
- Metionina y triptófano: Precursores de fitohormonas como el etileno y el ácido indolacético.
- Lisina y leucina: Favorecen el desarrollo radicular y la división celular.

La creciente disponibilidad de empresas especializadas en biotecnología como Algaenergy, Fitoplancton Marino, Neoalgae, Bromalgae, etcétera, ha facilitado el acceso a bioinsumos a base de microalgas, con estándares de calidad definidos

y trazabilidad comercial. Esta evolución en la cadena de suministro permite a los productores agrícolas incorporar soluciones más sostenibles y técnicamente validadas en sus esquemas de manejo. En el contexto de la agricultura ecológica y la producción de cítricos, el aprovechamiento de microalgas como fuente de bioestimulantes representa una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia fisiológica de los cultivos, reducir la dependencia de insumos sintéticos y avanzar hacia sistemas más resilientes y regenerativos.

2.3 Análisis costo-beneficio

El análisis costo-beneficio es una herramienta para evaluar propuestas de acción, en donde, los costos pueden ser identificados y cuantificados pero la estimación de los beneficios puede presentar mayor complejidad, ya que los resultados pueden ser menos evidentes o incluso no medibles, por lo que se requieren métodos específicos de evaluación. En el caso de la presente investigación, se evalúa la relación que se establece entre la aplicación de un bioinsumo a base de algas marinas (costo) y el grado de productividad que se logre en una parcela de limón persa tomando en cuenta ciertos parámetros de calidad en el fruto (beneficio).

El análisis costo-beneficio tiene como propósito examinar integralmente una situación con el fin de llegar a un resultado que sirva de orientación en la toma de decisiones encaminadas a establecer medidas correctivas o decisiones estratégicas. Costo y beneficio, conforman el eje de decisión entre alternativas productivas.

En proyectos de inversión, los costos representan desembolsos realizados con la expectativa de obtener beneficios en el futuro, generando acumulación de capital productivo. Sin embargo, existen ciertos gastos como los de operación y mantenimiento que no incrementan directamente al capital productivo, sino que buscan preservar su funcionalidad y valor a lo largo del tiempo. (Saldaña, 1977)

La actividad analítica en proyectos de inversión agropecuaria tiene dos enfoques: El enfoque prospectivo permite planificar las acciones futuras, estimando costos y beneficios esperados; mientras que el análisis retrospectivo resulta útil para validar los resultados obtenidos. Este último cobra relevancia en la etapa de control, al facilitar la comparación entre lo proyectado y lo ejecutado, y al alimentar el proceso de retroalimentación para mejorar la formulación de presupuestos futuros. (Saldaña, 1977)

En el contexto de la gestión agroecológica del cultivo de lima persa en la empresa Agropecuaria VEGMA, la actividad analítica se desarrolla tanto de forma prospectiva como retrospectiva. El análisis prospectivo permite planificar la aplicación del bioinsumo, estimando los costos involucrados y los beneficios esperados en términos de rendimiento y sostenibilidad. Por otro lado, el análisis retrospectivo es relevante al evaluar los resultados reales obtenidos en campo, Esta evaluación posterior facilita la verificación de los efectos del bioinsumo sobre parámetros productivos y económicos y brinda información para tomar decisiones futuras, optimizar el manejo agronómico y fortalecer la formulación de presupuestos en ciclos sucesivos. En particular, el análisis costo-beneficio permite determinar la viabilidad económica del bioinsumo mediante indicadores como el Retorno sobre la Inversión (ROI), integrando tanto los costos directos como los beneficios netos derivados de su implementación.

III. JUSTIFICACIÓN

La producción de limón persa (*Citrus latifolia*) en el municipio de Sayula, Jalisco, ha adquirido una creciente importancia como actividad agrícola estratégica en la región. No obstante, los sistemas convencionales de manejo enfrentan múltiples desafíos que comprometen su sostenibilidad, entre ellos: la baja eficiencia productiva, el estrés fisiológico de las plantas, el deterioro de la calidad edáfica por la sobreexplotación de los suelos y el impacto ambiental derivado del uso intensivo de agroquímicos. Estos factores, sumados a la presión del mercado por obtener frutos de alta calidad, exigen la adopción de alternativas agronómicas que incrementen el rendimiento sin comprometer la salud del ecosistema.

En este contexto, los bioestimulantes elaborados a partir de extractos de algas marinas han demostrado efectos positivos en el desarrollo vegetal, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del fruto, posicionándose como una opción viable para los productores que buscan prácticas agrícolas más responsables y rentables. Diversos estudios, como los documentados por García Olarte, et al. (2023), respaldan su eficacia en diferentes cultivos. Sin embargo, su incorporación en los sistemas productivos requiere una evaluación técnica y económica rigurosa que permita determinar si los beneficios agronómicos se traducen en ventajas reales para el agricultor.

A pesar de la evidencia científica disponible, es común que los agricultores adquieran insumos por recomendación informal o por influencia de estrategias de mercadotecnia, sin realizar un análisis previo de las condiciones específicas de su cultivo ni de la relación costo-beneficio del producto. Esta práctica puede derivar en aplicaciones ineficientes o incluso contraproducentes, especialmente cuando no se consideran variables clave como el estado nutricional del suelo, la disponibilidad hídrica, el tipo de estrés presente en el cultivo y el impacto económico de la inversión.

Por ello, este proyecto se justifica en la necesidad de generar información técnica, agronómica y económica que respalde la toma de decisiones en el manejo del cultivo de limón persa en Agropecuaria VEGMA. Mediante un análisis costo-beneficio, se busca cuantificar el impacto del uso de bioestimulantes a base de algas marinas en variables clave como rendimiento, calidad del fruto, ahorro en insumos convencionales y retorno económico.

La relevancia del estudio radica en su aplicabilidad directa para productores locales, su contribución al conocimiento técnico sobre el uso de bioinsumos y su potencial para mejorar la competitividad del cultivo en mercados exigentes. El enfoque integral del proyecto permite articular dimensiones agronómicas, ecológicas y económicas, ofreciendo una propuesta sólida que responde a los retos actuales de la agricultura y promueve el desarrollo rural sustentable en la región de Sayula, Jalisco.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar la viabilidad económica y productiva del uso de un bioinsumo a base de algas marinas en el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia*), mediante un análisis comparativo de costos y rendimiento entre una parcela con tratamiento y una parcela testigo.

4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la aplicación de algas marinas en los parámetros de: crecimiento vegetativo, producción de frutos, peso promedio y grados brix entre las parcelas experimental y de control.
2. Estimar el retorno de inversión (ROI) del bioestimulante aplicado, considerando su costo y el incremento en calidad y cantidad de fruta cosechada.
3. Monitorear el estado fitosanitario del cultivo para detectar posibles efectos indirectos en el control de plagas y enfermedades.
4. Evaluar la respuesta nutricional mediante análisis de tejido vegetal antes y después del tratamiento con el bioinsumo.

V. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis general:

La aplicación del bioinsumo a base de algas marinas en el cultivo de limón persa incrementa la viabilidad económica y productiva del sistema, al mejorar el rendimiento y la calidad de fruta en comparación con la parcela testigo, generando un retorno de inversión positivo.

5.2 Hipótesis específica

H₀ (nula): La aplicación del bioinsumo a base de algas marinas no produce mejoras significativas en el desempeño agronómico, nutricional ni sanitario del cultivo, por lo que no incrementa de manera significativa el crecimiento vegetativo, la producción, el peso promedio ni la calidad del fruto (grados Brix); no optimiza el estado nutricional reflejado en el tejido vegetal; no reduce la incidencia y/o severidad de plagas y enfermedades; ni se traduce en un mayor retorno de inversión, en comparación con la parcela testigo.

H₁ (alternativa): La aplicación del bioinsumo a base de algas marinas mejora de manera integral el desempeño agronómico, nutricional y sanitario del cultivo, al incrementar significativamente crecimiento vegetativo, producción, peso promedio y calidad del fruto (grados Brix); optimizar el estado nutricional reflejado en el tejido vegetal; reducir la incidencia y/o severidad de plagas y enfermedades y traducirse en un retorno de inversión mayor en comparación con la parcela testigo.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización del proyecto

El presente proyecto de investigación aplicada se realizó en la empresa agropecuaria VEGMA, ubicada en el municipio de Sayula, Jalisco. Aunque comúnmente se hace referencia a su localización sobre la carretera federal 401, en el tramo que conecta Sayula con Ciudad Guzmán, su acceso real se encuentra aproximadamente a tres minutos de la salida de Sayula, tomando una desviación hacia un camino de terracería, por el cual se transita aproximadamente quince minutos adicionales hasta llegar al lugar donde se desarrollan las actividades productivas, en una superficie total de 15 hectáreas.

VEGMA se estableció en el rancho Eucalipto, donde se desarrolla una plantación especializada de limonero (*Citrus latifolia*), conocido como limón persa, bajo esquemas de manejo sostenible y progresiva incorporación de bioinsumos.

En cuanto a infraestructura, VEGMA dispone de un pozo de agua y una motobomba alimentada por paneles solares, una olla de almacenamiento con capacidad de 3 millones de litros, así como una geomembrana con capacidad para 300,000 litros. Con base en criterios de distribución espacial y operatividad, la empresa realizó una división del terreno en cinco tablas, cada una subdividida en tres sectores (norte, centro y sur). Una excepción a esta estructura es la tabla número 3 que se divide en dos sectores ya que su superficie aproximada de una hectárea imposibilita una división funcional en tres sectores debido a su reducido tamaño.

Todas las parcelas cuentan con un sistema de riego semi tecnificado, con 12 válvulas de control manual distribuidas estratégicamente, además de infraestructura para almacenamiento y equipo destinado a la aplicación de insumos.

En el plano organizacional, la empresa opera bajo una estructura jerárquica funcional, con poco personal, pero con roles claramente definidos en los ámbitos

técnico, administrativo y operativo. Esta organización permite una articulación eficiente entre las labores de campo y los procesos de toma de decisiones, lo que genera condiciones favorables para el desarrollo de actividades de investigación aplicada, evaluación de tecnologías agroecológicas y análisis técnico-económico de alternativas sustentables.



Fig. 4 Carretera Sayula – Ciudad Guzmán

Información de Contacto – Empresa Agropecuaria VEGMA

Debido a su ubicación geográfica y a la distancia que debe recorrerse para llegar al lugar, la empresa ha registrado un domicilio distinto al de la ubicación del rancho Eucalipto.

Domicilio Fiscal: Calle Henequén No. 83, Colonia Centro,
Sayula, Jalisco, C.P. 49300, México.

Medios de Comunicación:

- Teléfonos móviles:
 - 331 671 4890
 - 332 052 4197

- Página electrónica:

[Acceso al sitio web de VEGMA](#)

Nota: no cuenta con línea telefónica fija.



Fig. 5 Empresa VEGMA



Fig. 6 Ubicación Empresa Agropecuaria VEGMA

Giro de la Empresa

La Empresa Agropecuaria VEGMA tiene como giro principal la producción agropecuaria especializada en el cultivo de cítricos, particularmente *Citrus latifolia* (limón persa) bajo un enfoque de manejo sustentable y ecológico. Su actividad económica se enmarca en el sector primario, con énfasis en la implementación de bioinsumos para el control de plagas y enfermedades, así como en la mejora de la fertilidad del suelo mediante prácticas orgánicas.

Las operaciones de la empresa incluyen:

- Aplicación de bioinsumos como alternativa a productos agroquímicos convencionales.
- Monitoreo agronómico de parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, agua y tejido vegetal.
- Evaluación económica y ecológica de las prácticas implementadas.

Este giro responde a la creciente demanda de productos agrícolas libres de residuos tóxicos, y se alinea con los principios de sostenibilidad, resiliencia agroecológica y responsabilidad ambiental.

Misión

Producir y comercializar limón persa de alta calidad para el consumo en la gastronomía mexicana, implementando prácticas agrícolas sostenibles que respeten el medio ambiente y promuevan el bienestar de las comunidades.

Visión

Ser reconocidos como líderes en la producción de limón persa en Jalisco, en México y en el ámbito internacional, destacando por el compromiso con la sostenibilidad y la capacidad de transformar la agricultura tradicional en una industria responsable y eficiente.

Valores Institucionales

La Empresa Agropecuaria VEGMA se rige por los siguientes valores fundamentales, que orientan su operación, toma de decisiones y relación con el entorno:

- **Sustentabilidad:** Compromiso con prácticas agrícolas que preservan los recursos naturales y promueven el equilibrio ecológico.
- **Responsabilidad social:** Promoción del bienestar de las comunidades rurales mediante el acceso a tecnologías limpias y capacitación técnica.
- **Innovación:** Aplicación de soluciones agroecológicas basadas en bioinsumos, investigación y mejora continua.
- **Transparencia:** Comunicación clara y honesta con clientes, colaboradores y aliados estratégicos.
- **Calidad técnica:** Ejecución rigurosa de procesos agronómicos, respaldados por análisis físico-químicos y asesoría especializada.
- **Respeto:** Valoración de la biodiversidad, la cultura agrícola local y el trabajo colaborativo.

Política de Calidad

La Empresa Agropecuaria VEGMA establece como política de calidad el cumplimiento de estándares técnicos, ecológicos y económicos en la producción de cítricos, mediante:

- Implementación de bioinsumos certificados como alternativa sustentable a los agroquímicos convencionales.
- Ejecución de monitoreos agronómicos periódicos (suelo, agua, tejido vegetal) para garantizar la trazabilidad y efectividad de las prácticas.
- Adopción de recomendaciones especializadas emitidas por laboratorios y asesores técnicos, integradas en los planes de manejo mensual.
- Mejora continua de sus procesos productivos, con base en evaluaciones costo-beneficio, indicadores de rendimiento y retroalimentación de los actores involucrados.
- Formalización de sus actividades mediante bitácoras técnicas, informes estructurados y presentaciones profesionales, que reflejan el compromiso institucional de la empresa.

Estructura organizacional

La Empresa Agropecuaria VEGMA es una organización joven conformada por un equipo multidisciplinario que opera bajo una estructura funcional, orientada al cumplimiento de objetivos productivos y comerciales.

Dirección General

- Ing. Fernando Guzmán – Socio capitalista y Responsable de producción. Supervisa las actividades agronómicas, el estado del cultivo y la ejecución de prácticas sustentables.
- Ing. Salvador Sandoval – Socio capitalista y Responsable de comercialización. Encargado de la apertura de mercados, posicionamiento regional y estrategias de venta.

Asesoría Técnica

- Ing. Asunción Zárate – Ingeniero agrónomo asesor. Realiza visitas periódicas para evaluar la situación fitosanitaria del cultivo y emitir recomendaciones técnicas.

Coordinación Operativa

- Ing. Marco Antonio Hernández – Ingeniero agrónomo de campo. Planifica y distribuye las tareas diarias, lleva el control de bitácoras de producción y aplicaciones, y participa activamente en labores de campo.

Personal de Campo

- Jorge Hernández Ramos – Jornalero.
- José Daniel López Cárdenas – Jornalero.

Residente

- Alicia Elena Aceves – Residente profesional. Bajo la supervisión del Ing. Marco Antonio Hernández, aunque cuenta con autonomía parcial, participa en actividades técnicas, incluyendo:
 - Aplicaciones foliares y por drench con productos orgánicos.
 - Estimaciones de producción en sectores de las tablas 1 a 5.
 - Ejecución de acodos y replantado de ejemplares.
 - Apoyo en corte, clasificación y separación del fruto.

Esta estructura permite una operación eficiente, con roles claramente definidos y comunicación directa entre áreas técnicas, comerciales y operativas.

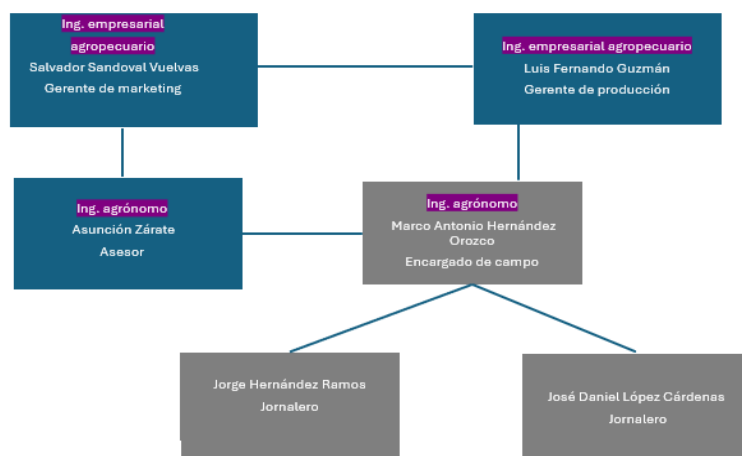


Fig. 7 Organigrama de la Empresa Agropecuaria VEGMA

Croquis del establecimiento

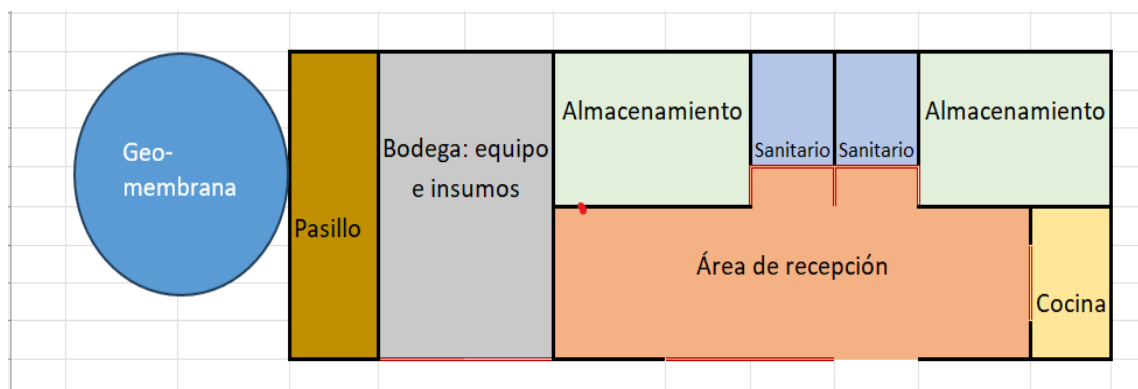


Fig. 8 Instalaciones de la Empresa Agropecuaria VEGMA

Infraestructura Operativa

La Empresa Agropecuaria VEGMA cuenta con una infraestructura básica pero funcional, diseñada para atender las necesidades productivas, logísticas y operativas del cultivo de *Citrus latifolia* (limón persa). Las áreas están distribuidas de forma estratégica para facilitar el flujo de trabajo y el resguardo de insumos, herramientas y producto cosechado.

Área de Recepción: Espacio destinado a la atención de visitantes, reuniones informales y descanso del personal. Cuenta con:

- Una barra de servicio.
- Una mesa central.
- Dos bancas de madera labradas.
- Sillas de material plástico.

Cocina: Área equipada para la preparación de alimentos del personal operativo. Dispone de:

- Estufa.
- Asador.
- Mesa.
- Dos sillas.

Sanitarios: Existen dos módulos sanitarios sin diferenciación por género, dado que es la primera vez que una mujer participa activamente en las labores de campo dentro de la empresa. Se contempla su adecuación futura para garantizar condiciones de equidad y comodidad.

Áreas de Almacenamiento:

- Almacén colindante con cocina: Actualmente sin mobiliario; será acondicionado como oficina administrativa en etapas posteriores.
- Almacén de producto: Se utiliza para el resguardo temporal del limón cosechado, en espera de su comercialización.

Bodega de Equipos e Insumos: Espacio destinado al resguardo de herramientas, maquinaria y productos agrícolas. Contiene:

- Equipos motorizados: cuatrimoto, mochilas de motor.
- Herramientas manuales: carretillas, mochilas manuales, desbrozadoras, barras, palas, azadones, poceras, casangas, machetes, pinzas, martillos.

- Insumos agrícolas: herbicidas, fertilizantes, plaguicidas, insecticidas, fungicidas, cal hídrica, enraizadores, entre otros.



Fig. 9 Croquis ubicación de áreas de trabajo

6.2 Espacio geográfico

El espacio geográfico donde se ubica la empresa corresponde a una zona agrícola de clima semiseco, con otoño, invierno y primavera secos, y semicálido

sin una estación invernal definida. La temperatura media anual es de 20.9° C., mientras que la precipitación media anual alcanza los 810.9 milímetros, concentrados principalmente en el periodo de junio a octubre. Los vientos dominantes se presentan en dirección este y sureste y el promedio anual de días con heladas es de 6.9. El área cuenta con los arroyos permanentes de El Cedazo y Tetilahuete; así como con los arroyos temporales de: Agua Zarca, El Salto, Jarillera y Tecamite. (Gob. Jal. 2021)

Textura y propiedades del suelo: El tipo de suelo dominante en el Rancho Eucalipto es **franco arcillo arenoso**, un tipo de suelo que presenta buena capacidad de retención de agua y nutrientes, aunque también puede desarrollar cierta compactación. Tiene una densidad aparente de 1.16 g/cm³ así que no limita el desarrollo radicular del cultivo.

También posee una conductividad hidráulica alta (6.20 cm/hr) lo que favorece el drenaje y evita encharcamientos, pero también implica que el agua puede percolar rápidamente fuera de la zona radicular si no hay mecanismos de retención adecuados.

Su capacidad de campo (16.9%) y punto de marchitez (10.1%), reflejan una moderada capacidad de retención de agua útil (diferencia entre ambos valores: 6.8%). La alta conductividad hidráulica combinada con una capacidad de campo y punto de marchitez medianos sugiere que el suelo drena eficientemente, no retiene grandes cantidades de agua, evitando problemas de saturación, sin embargo, la reserva de agua útil es limitada, por lo que el cultivo podría requerir frecuentes aportes hídricos (riego o lluvia) para mantener niveles óptimos de humedad.

El análisis químico del suelo revela un pH de 7.90, lo que indica una reacción moderadamente alcalina. Este nivel de alcalinidad puede influir en la disponibilidad de ciertos micronutrientes, como hierro, zinc y manganeso, aunque no representa una limitante severa para el cultivo de lima persa.

La conductividad eléctrica (CE) de 1.23 dS/m se clasifica como moderadamente baja, lo cual sugiere una salinidad controlada que no afecta negativamente el desarrollo del cultivo.

El contenido de carbonatos totales (0.83%) es muy bajo, lo que indica una escasa presencia de sales carbonatadas en el perfil edáfico. Esto contribuye a la estabilidad del pH y reduce el riesgo de formación de complejos insolubles que puedan interferir con la absorción de nutrientes.

6.3 Materiales y métodos

El presente apartado describe de manera detallada los insumos, herramientas, procedimientos y criterios técnicos empleados durante la ejecución del proyecto de investigación aplicada. Se especifican las características de los materiales utilizados, así como la metodología aplicada para la recolección, análisis e interpretación de datos, con el fin de garantizar la validez científica del estudio cuyo objetivo es evaluar el efecto agronómico y económico de un bioestimulante aplicado de forma homogénea a un grupo de árboles, comparado con un grupo testigo sin aplicación.

Materiales:

Cultivo de Limón persa

Dos análisis de suelo

Dos análisis de tejido vegetal

Un Análisis de agua

0.5 Lt Ácidos húmicos

0.5 Lt Ácidos fúlvicos

0.5 Kg Enraizador

30.45 Kg Fertilizante Yara Complex

0.5 Lt Fertilizante Grogreen 20-30

0.5 Kg Fungicida Captán

150 ml Fungicida Previcur energy

1 Lt Insecticida Imidacloprid
0.5 Lt Insecticida Cipermetrina
1 Kg Insecticida granular gallinaza
0.5 Lt Herbicida Faena
5 grm Regulador de crecimiento biogip
1 Lt Calcio, boro y zinc
1.200 mLt Adherente Resinol

6 Lt Bioestimulante Nutrenza foliar

Unas tijeras largas para podar marca Truper
Unas tijeras chicas para podar marca Truper
Un machete, Una casanga, Un azadón; elaborados en Sayula, Jalisco
Una desbrozadora marca Takashi
Dos mochilas de motor marca Raptor
Una Mochila manual marca Lola 20 Swissmex
Un refractómetro Smart Sensor marca Genérica
21 Lt Gasolina
420 mLt Aditivo
Siete Arpillas y Cuatro cajas contenedoras
Software Excel para análisis estadístico y económico

6.4 Diseño Experimental

Diseño Completamente al Azar con bloques

Tratamiento:

- T1: Aplicación de bioestimulante (15 árboles en 3 bloques de 5)
- T2: Testigo sin bioestimulante (15 árboles en 3 bloques de 5)

Unidades experimentales: Árboles de limón persa en etapa productiva
Bloques: tres bloques por tratamiento, cada uno con cinco árboles, distribuidos de forma homogénea.

Total, de árboles evaluados: 30 (15 tratados + 15 testigo)

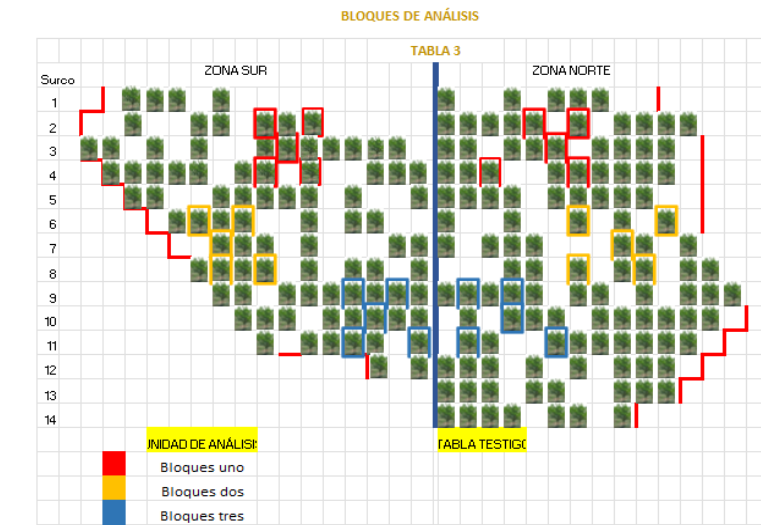


Fig. 10 Bloques de análisis

Método:

Se realizaron doce aplicaciones foliares del bioestimulante a base de algas marinas, distribuidas en dos periodos de seis semanas cada uno, con una aplicación semanal. Entre ambos periodos se estableció un intervalo de descanso de dos semanas. La solución aplicada consistió en 0.5 litros de bioinsumo y 100 mL de adherente, diluidos en 100 litros de agua, utilizando dos equipos de aspersión motorizados y uno manual.

La aplicación se realizó de manera uniforme en todo el sector sur de la tabla tres, correspondiente a la parcela de tratamiento. Sin embargo, para efectos del análisis experimental, se seleccionaron quince árboles dentro de dicho sector, distribuidos en tres bloques de cinco unidades experimentales cada uno, con características agronómicas homogéneas.

Sector testigo: quince árboles distribuidos en tres bloques de cinco, sin aplicación de bioestimulante.

Variables agronómicas: Altura de planta, producción, peso promedio por fruto, grados brix.

Variables económicas: Costo del bioinsumo, mano de obra, rendimiento económico por árbol, precio de venta, utilidad neta.

Análisis estadístico: ANOVA para comparación de medias entre tratamientos, con prueba de Tukey al 5%

Análisis económico: Relación beneficio/costo, utilidad neta por tratamiento, retorno sobre inversión (ROI)

Análisis Costo-Beneficio. Se calculó el beneficio económico neto de la aplicación del bioestimulante considerando la siguiente fórmula:

Variable	Fórmula base
Costo total por tratamiento	Costo bioinsumo + mano de obra
Ingreso bruto	Rendimiento (kg) × Precio de venta (\$/kg)
Beneficio neto	Ingreso bruto – Costo total
Relación beneficio/costo	Beneficio neto / Costo total
ROI	(Beneficio neto / Costo total) × 100

6.5 Procedimiento

Los bioinsumos, si bien representan una herramienta valiosa para estimular procesos fisiológicos y mejorar la resiliencia de los cultivos, no sustituyen la provisión adecuada de nutrientes esenciales. Su efectividad depende directamente de que las plantas cuenten previamente con una base nutricional equilibrada. En condiciones de deficiencia de macro y micronutrientes, los bioestimulantes pueden tener un efecto limitado, llegando incluso a retrasar el deterioro fisiológico sin revertir el estrés nutricional. Por tanto, para que los bioinsumos generen beneficios agronómicos significativos, es indispensable que el suelo y el agua proporcionen al cultivo los elementos necesarios para su desarrollo óptimo.

Como primer paso, se realizó la presentación formal del proyecto al Ingeniero Empresarial Agropecuario Salvador Sandoval Vuelvas, socio capitalista de la empresa VEGMA y al Ingeniero Agrónomo Marco Antonio Hernández Orozco, ingeniero de campo en la misma. Durante dicha exposición, se enfatizó el objetivo general del proyecto, así como las bondades técnicas, ecológicas y agronómicas del producto propuesto para su implementación. Tras el análisis correspondiente, ambos profesionales manifestaron su conformidad y otorgaron la autorización para iniciar las actividades contempladas en el plan de trabajo.

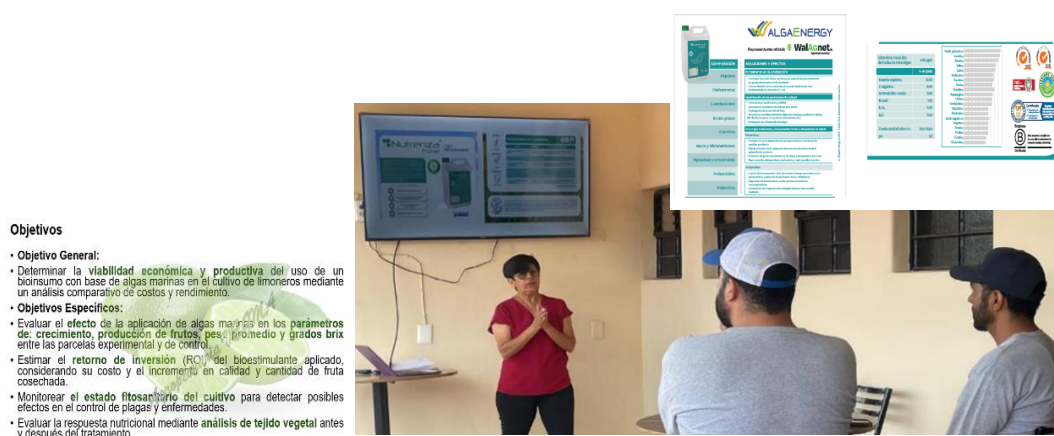


Fig. 11.- Presentación formal del proyecto mediante diapositivas.

El siguiente paso fue realizar un diagnóstico integral de la condición nutricional del cultivo mediante la toma de muestras representativas de agua, suelo y tejido vegetal (hojas) en ambos sectores de la tabla 3 (tratamiento y testigo). Esta acción tuvo como finalidad identificar posibles deficiencias de macro y micronutrientes que pudieran limitar el desarrollo fisiológico del cultivo y, en consecuencia, afectar la eficacia del bioestimulante aplicado. (Anexos 1, 2 y 3)

La interpretación técnica del análisis de fertilidad de suelo (Anexo 2) realizado por Fertilab en el mes de agosto, reveló un perfil nutricional con niveles elevados de materia orgánica (1.68%), condición favorable para el desarrollo del cultivo ya que mejora la estructura del suelo, la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes.

En cuanto a los elementos esenciales, el fósforo (P-Bray) se encontró en un nivel alto (40 mg/kg), suficiente para cubrir las necesidades del cultivo sin requerir aplicaciones adicionales de fertilizantes fosfatados. El potasio (K), con una concentración de 568 mg/kg, se clasificó como muy alto, generando antagonismos con otros cationes como el calcio y el magnesio, afectando su absorción.

El calcio (Ca) presentó un nivel alto (2287 mg/kg), mientras que el magnesio (Mg) se encontró en un rango medio (287 mg/kg). Aunque ambos valores son adecuados, las relaciones catiónicas indicaron desequilibrios importantes: la relación Ca/K (0.86) y Mg/K (1.30) se interpretaron como bajas lo que sugirió una absorción preferencial de potasio en detrimento de Ca y Mg. Por otro lado, la relación Ca/Mg (11.2 y 7.61 en dos métodos distintos) se clasificó como alta, lo cual pudo limitar la disponibilidad de magnesio para el cultivo.

Respecto al sodio (Na), su concentración fue baja (66 mg/kg), indicando ausencia de riesgo por salinidad. En el caso de los micronutrientes, se observó una deficiencia generalizada: zinc (2.8 mg/kg), hierro (11.2 mg/kg), cobre (0.8 mg/kg), manganeso (9.3 mg/kg) y boro (0.5 mg/kg) en rangos bajos, lo que pudo comprometer procesos fisiológicos clave como la floración, el cuajado y la síntesis de clorofila.

Finalmente, el nitrógeno en forma de nitrato (N-NO₃) mostró una concentración elevada (168 mg/kg), clasificada como muy alta. Aunque esto indicó buena disponibilidad inmediata, también pudo representar un riesgo de lixiviación o desequilibrio nutricional.

En tanto, el análisis nutricional del tejido vegetal (Anexo 3) reveló deficiencias importantes en varios elementos esenciales para el desarrollo óptimo del cultivo. En primer lugar, el nitrógeno total (Dumas) presentó un valor de 1.21%, clasificado como muy bajo respecto al rango de suficiencia (2.40–3.00%). Esta

deficiencia pudo limitar el crecimiento vegetativo, la síntesis de proteínas y la actividad fotosintética.

El fósforo (0.14%) se encontró en el límite inferior del rango de suficiencia (0.15–0.50%), lo que indicó una disponibilidad limitada para procesos como la formación de raíces, la floración y el cuajado de frutos.

El potasio (1.61%) y el calcio (2.70%) se encontraron dentro de rangos adecuados, lo que indicó una buena disponibilidad para funciones relacionadas con la regulación osmótica, la resistencia estructural y la calidad de los frutos.

Por otro lado, el magnesio (0.19%) y el azufre (0.14%) se hallaron por debajo de los rangos de suficiencia, lo cual pudo afectar la síntesis de clorofila, la activación enzimática y el metabolismo de aminoácidos.

El sodio (90.18 mg/kg) se clasificó como muy bajo, es favorable, ya que evita riesgos de toxicidad o interferencia con la absorción de otros cationes.

En cuanto a los micronutrientes, se observó una deficiencia marcada en hierro (37.58 mg/kg), zinc (7.85 mg/kg), manganeso (16.65 mg/kg) y cobre (4.05 mg/kg), todos por debajo de sus respectivos rangos de suficiencia. Estas deficiencias comprometen funciones clave como la síntesis de clorofila, la división celular, la formación de enzimas y la resistencia a estrés abiótico.

El boro (46.85 mg/kg) y el molibdeno (0.62 mg/kg) se encontraron dentro de rangos adecuados, lo cual debía favorecer la formación de estructuras reproductivas y la fijación de nitrógeno.

Finalmente, el contenido de nitratos (<50 mg/kg) fue bajo, lo que reforzó la necesidad de mejorar la disponibilidad de nitrógeno en el sistema.

El análisis técnico de la calidad del agua (Anexo 1) indicó que se trata de una fuente apta para uso agrícola, con características que favorecen la absorción de nutrientes y minimizan riesgos de salinidad o toxicidad. El pH de 7.44 se encontró en la neutralidad, ideal para la mayoría de los cultivos, ya que no interfiere con la

disponibilidad de nutrientes en el suelo ni con la estabilidad de bioinsumos aplicados.

La conductividad eléctrica (CE) de 0.28896 dS/m clasificó el agua como de baja salinidad, esto permite su uso en cualquier tipo de cultivo sin riesgo de acumulación de sales. La Relación de Adsorción de Sodio (RAS) fue baja (0.94), lo que indicó que el sodio presente no representaba un riesgo para la estructura del suelo ni para la absorción de cationes como Ca y Mg.

El nivel de bicarbonatos (2.57 me/L) fue moderadamente bajo, y el contenido de cloruros (0.23 me/L) fue muy bajo, lo que favorece el riego de cultivos como los cítricos.

El boro (0.06 mg/L) se encontró en un nivel muy bajo, insuficiente para suplir las necesidades del cultivo vía riego.

La dureza del agua, equivalente a 92.60 mg/L de CaCO_3 , la clasificó como de dureza media, lo que indicó una presencia moderada de calcio y magnesio. Esto pudo contribuir al balance catiónico del suelo, aunque sin sustituir la necesidad de fertilización directa.

Tabla 3 Comparativo suelo-planta-agua

Nutriente / Parámetro	Suelo (interpretación)	Tejido vegetal (interpretación)	Agua (interpretación)	Observación integrada
Nitrógeno (N)	Muy Alto (NO_3)	Muy Bajo	No analizado	Alta disponibilidad en suelo, pero baja absorción; posible deficiencia funcional.
Fósforo (P)	Alto	Bajo	No analizado	Fijación en suelo; baja movilidad.
Potasio (K)	Muy Alto	Suficiente	No analizado	Buena absorción; sin restricciones.
Calcio (Ca)	Alto	Suficiente	Dureza media (Ca/Mg)	Absorción adecuada; agua contribuye al balance.

Magnesio (Mg)	Medio	Bajo	Dureza media (Ca/Mg)	Competencia con Ca y K; el agua aporta pero no corrige.
Azufre (S)	No analizado	Bajo	No analizado	Probable deficiencia; requiere análisis complementario.
Sodio (Na)	Muy Bajo	Muy Bajo	RAS bajo	Sin riesgo; el agua no aporta sodio excesivo.
Boro (B)	Bajo	Suficiente	Muy Bajo	Absorción adecuada en planta, pero requiere fertilización complementaria.
Cloruros (Cl)	No analizado	No analizado	Muy Bajo	Agua apta para cultivos sensibles.
Micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu)	Bajos	Bajos	No analizado	Deficiencia consistente; requiere aplicación foliar.

La información obtenida permitió establecer acciones correctivas y preventivas para garantizar que el cultivo contará con las condiciones nutricionales mínimas necesarias.

Previo aplicación de herbicida para reducir la maleza, y limpieza de las parcelas (tratamiento y testigo) utilizando desbrozadora, machete y casanga, se aplicaron a los dos sectores de la tabla tres, en las mismas cantidades, fertilizantes, insecticidas y fungicidas, registrando los procesos en bitácora como consta en el anexo 5, para llevar un control, buscando que la aplicación del bioinsumo en el sector de tratamiento generara resultados agronómicos y económicos reales, evitando que su efecto se viera condicionado por carencias nutricionales no atendidas.



Fig. 12 Aplicación de herbicida en ambos sectores



Fig. 13 Limpieza de las parcelas de análisis y testigo.



Fig. 14 Aplicación de fertilizante granulado y otros productos aplicados

Otra actividad consistió en realizar el conteo de árboles existentes y faltantes en ambos sectores y establecer su relevancia para el proyecto. En el mes de agosto en el sector sur, que es la unidad de análisis del proyecto, se contabilizaron 87 árboles en existencia, y 54 faltantes, (141 árboles en total), lo que equivale a un 62% de árboles en existencia y un 38% de árboles faltantes, mientras que, en el sector norte, es decir la unidad testigo, hubo un total de 114 árboles en existencia, lo que corresponde a un 68% y un faltante de 54 árboles, igual al 32% del total (168 árboles). En el conteo, no se tomaron en cuenta aquellos árboles que por sus malas condiciones se pensó que no sobrevivirían.

Para el día 16 del mes de septiembre, en el sector sur se contabilizaron 81 árboles (57%), faltando 60 (43%), mientras que en la tabla testigo se encontraron 113 árboles (67%) y un faltante de 55 plantas (33%) se asume que los árboles faltantes se perdieron debido a la falta de nutrientes del suelo y por ende del tejido vegetal, así como también por la existencia de gallina ciega en el suelo o se secaron debido al desorden fisiológico del árbol desencadenado por diversos factores.

Para el 21 de octubre del 2025, en el sector sur se contabilizaron 88 árboles debido a que se plantaron siete acodos hechos con ramas ya reproductivas seleccionadas de los mejores árboles de la tabla 3, por lo que la existencia en el sector sur se eleva al 62.41%; mientras tanto en el sector norte o testigo se perdió un árbol, elevándose el porcentaje de faltantes al 33.33%

El 14 de noviembre se realizó el último conteo de árboles, encontrándose 98 en el sector sur (se plantaron nuevos acodos) y 108 en el sector norte (se perdieron cuatro más). En total 69.5% en existencia en el sector sur y 64.2% en el sector norte.

Este registro es fundamental para establecer la línea base del proyecto, ya que permite dimensionar el área efectiva de intervención, calcular insumos

requeridos, y delimitar el alcance de las evaluaciones agronómicas, económicas y ecológicas.

Cuadro 4. Comparativo de árboles en los sectores de la tabla tres.

Fecha	SUR			NORTE		
	Ex.	Fal.		Ex.	Fal.	
18/08/25	87	54	141	114	54	168
	61.70%	38.29%		67.85%	32.14%	
16/09/25	81	60	141	113	55	168
	57.44%	42.55%		67.26%	32.73%	
21/10/25	88	53	141	112	56	168
	62.41%	37.58%		66.66%	33.33%	
14/11/25	98	43	141	108	60	168
	69.5%	30.5%		64.2%	35.8%	

Las variaciones en el número de árboles, tanto decrementos como incrementos, obedecieron a factores diversos. Por un lado, se identificaron pérdidas asociadas a los efectos nocivos de plagas y enfermedades, lo cual reflejó la necesidad de fortalecer las estrategias de manejo fitosanitario. Por otro lado, se generaron nuevos individuos mediante acodos realizados en ramas vigorosas, lo que contribuyó al repoblamiento del sector experimental con plantas previamente enraizadas.

Conocer la cantidad de árboles existentes y faltantes en cada parcela permitió:

- Estimar con precisión los costos y beneficios del uso de bioinsumos en función del número de unidades productivas.
- Evaluar el impacto del tratamiento sobre parámetros como vigor, floración, fructificación y sanidad vegetal.
- Determinar la eficiencia de las prácticas de propagación vegetativa (acodos) como estrategia complementaria de recuperación.

Este dato, por tanto, no sólo tuvo implicaciones logísticas, sino que se vinculó directamente con los indicadores clave del proyecto de investigación aplicada.



Fig. 15 Árboles en existencia en la Tabla 3

En otra actividad, y en forma mensual, se realizaron estimaciones de Producción de Limón. Para llevar a cabo la estimación de producción en un sector extenso, cuya contabilización total resulta impracticable, se aplica la siguiente metodología:

- Se selecciona aleatoriamente el 10% del total de árboles en cada zona, procurando que dicha muestra represente la variabilidad del cultivo y no se concentre en una sola área.
- En cada árbol seleccionado se realiza el conteo de flores, registrando individualmente los datos obtenidos.
- Posteriormente, se suman todas las flores contabilizadas y se divide dicha cantidad entre el número de árboles muestreados obteniendo así un promedio de flores por árbol.
- Este valor promedio se multiplica por el total de árboles plantados en cada zona, obteniendo una estimación del número total de limones potenciales.

- A dicha estimación se le aplica una deducción del 10%, 20% o 30%, en función del historial productivo de la zona, considerando que no todos los frutos alcanzan su desarrollo completo.

Adicionalmente, se realiza el pesaje de 10 limones de diferentes calibres con el objetivo de determinar el peso promedio por fruto. Este promedio permite calcular la producción estimada en kilogramos.

Con el objetivo de evaluar la eficiencia del bioinsumo a base de algas marinas, se realizó una primera comparación de la producción obtenida entre los dos sectores: el sector sur, considerado como unidad de análisis (parcela demostrativa), y el sector norte, designado como parcela testigo. La comparación se llevó a cabo el día 20 de agosto a las 14:03 horas, (aún no se aplicaba el bioinsumo en el Sector Sur) obteniéndose un rendimiento de 21.506 kg en el sector norte (parcela testigo) y 19.974 kg en el sector sur (unidad de análisis).

En cuanto a la estimación de producción mensual, el conteo se realizó exclusivamente en limones que presentaban un calibre específico, considerando que su desarrollo completo se alcanzaría en un plazo aproximado de un mes. A la cantidad total de frutos contabilizados de cada bloque, se le aplicó una deducción del 20%, con base en antecedentes productivos de la zona, obteniendo así la estimación final de limones esperados.

El peso promedio determinado a partir de los 10 limones muestreados fue de 81.89 gramos. Este valor se multiplicó por la cantidad total estimada de frutos, obteniendo un resultado en gramos, el cual fue convertido a kilogramos para expresar la producción proyectada.

En el segundo corte de limón, realizado el día 12 de septiembre, se registró una producción de 17.656 kilogramos en el sector norte y 16.998 kilogramos en el sector sur, cantidades que no correspondieron a lo proyectado debido a que se adelantó el corte 10 días antes de lo previsto por necesidades de la empresa. Cabe señalar que la estimación está sujeta a variaciones, ya que factores como

la nutrición vegetal, las prácticas agronómicas, las condiciones edáficas y el clima pueden influir significativamente en el rendimiento final, modificando los cálculos realizados, también es necesario aclarar que los beneficios del bioinsumo aplicado en el sector sur aún no se consideraron en esta evaluación, dado que su primera aplicación se realizó apenas tres días antes de la cosecha (09/09) lo cual no permitió observar efectos significativos en tan corto plazo.

Para el tercer corte de limón, se registró la producción obtenida en peso, de cada uno de los árboles muestreados y con base en esos datos se estableció la primera comparación que se muestra en el apartado de resultados, para la fecha en que se realizó el corte, 23 de octubre, ya se habían realizado las primeras seis aplicaciones del bioinsumo foliar. Los resultados obtenidos fueron de 23.726 Kg en el sector norte y 25.286 Kg en el sector sur.

El 25 de noviembre se realizó el último corte de limón dentro del presente proyecto. Al igual que el mes anterior, el sector de análisis registró mayor producción que el sector testigo, obteniendo 23.370 Kg del lado norte y 25.845 Kg del lado sur.

Cuadro 5. Estimado de producción VS rendimiento obtenido

Periodo	Fecha	Estimado de producción		Fecha	Rendimiento obtenido	
		Norte	Sur		Norte	Sur
Jul/Agos				20/08	21.506 Kg	19.974 Kg
Agos/Sep	22/08	28.08 Kg	24.14 Kg	12/09	17.656 Kg	16.998 Kg
Sep/Oct	16/09	23.35 Kg	25.08 Kg.	23/10	23.726 Kg	25.286 Kg
				B1	1,058 g	1,600 g
				B2	1,424 g	2,000 g
				B3	1, 177 g	1,810 g
Oct/ Nov.	27/10	22.30 Kg	24.21 Kg	25/11	23.370 Kg	25.845 Kg
				B1	1,129 g	2,522 g
				B2	1,204 g	1,414 g
				B3	532 g	2,092 g



Fig. 16 Estimado de producción.

Nutrenza foliar como bioestimulante en limón persa. Compra, registro y análisis del producto elegido.

Como parte del enfoque agroecológico y sustentable que guía el presente proyecto de investigación aplicada, se seleccionó el bioestimulante Nutrenza foliar, desarrollado por la empresa biotecnológica AlgaEnergy, para su aplicación en el cultivo de *Citrus latifolia* (limón persa).

Nutrenza foliar es un bioestimulante de origen natural, elaborado a partir de extractos de microalgas cultivadas bajo tecnología UPT (Ultra Performance Technology), la cual logra una alta concentración de compuestos bioactivos, minerales y fitohormonas. Su aplicación está orientada a mejorar la eficiencia fisiológica del cultivo, optimizar la asimilación de nutrientes, y fortalecer la resiliencia de las plantas frente a condiciones de estrés abiótico, como sequía, salinidad o temperaturas extremas. Su aplicación considera:

- Promover un crecimiento vegetal vigoroso y equilibrado.
- Mejorar la calidad y calibre de los frutos.

- Reducir el uso de insumos sintéticos mediante alternativas biotecnológicas.
- Evaluar el impacto agronómico y económico del uso de bioinsumos en sistemas cítricos sustentables.

La ficha técnica agregada en el anexo 4, nos refirió la existencia de diversos componentes en el producto como son: Péptidos, fitohormonas, aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas, macro y micronutrientes, pigmentos y carotenoides, polisacáridos y poliaminas.

La aplicación de Nutrenza foliar en el cultivo de limón persa representó una estrategia altamente efectiva para potenciar el desarrollo vegetal, mejorar la calidad del fruto y aumentar la resistencia del cultivo frente a condiciones adversas ya que este bioestimulante contiene una combinación precisa de aminoácidos esenciales como:

Metionina y triptófano que actúan como precursores de fitohormonas clave como el etileno y el ácido indolacético (AIA), que regulan procesos como la senescencia o el cuajado y la maduración del fruto, la formación de raíces adventicias y el crecimiento de brotes nuevos. Esto se traduce en una producción más uniforme, frutos de mejor calidad y una planta con arquitectura más vigorosa.

Por otro lado, la lisina participa en la síntesis de proteínas estructurales y en la formación de tejidos jóvenes y la leucina favorece la división celular y el desarrollo radicular más profundo y ramificado, lo que permite una mayor absorción de agua y nutrientes, especialmente útil en suelos con baja fertilidad o durante etapas de crecimiento acelerado.

El ácido glutámico y la glicina estimulan la síntesis de clorofila y la eficiencia fotosintética, lo que se refleja en hojas más verdes, mayor producción de energía y mejor respuesta ante deficiencias nutricionales. Prolina y arginina desempeñan

un papel crucial en la tolerancia al estrés hídrico y salino, ayudando a la planta a mantener su metabolismo activo incluso en condiciones de sequía o salinidad, frecuentes en zonas de cultivo intensivo.

Nutrenza foliar no solo mejoró el rendimiento del cultivo de limón persa, también fortaleció su resiliencia frente a factores ambientales.



Fig. 17 Bioinsumo utilizado en el desarrollo del proyecto.

Como parte del manejo agronómico sustentable en el cultivo de limón persa, la actividad clave consistió en realizar las aplicaciones del bioinsumo Nutrenza foliar en el sector sur de la tabla tres, dentro de las instalaciones de la empresa agropecuaria VEGMA, ubicada en Rancho Eucalipto en los periodos comprendido del día 09 de septiembre al 14 de octubre del 2025 y del 04 de noviembre al 09 de diciembre del 2025.

El propósito fue fortalecer el desarrollo vegetativo, mejorar la absorción de nutrientes vía foliar y evaluar la respuesta fisiológica del cultivo ante el uso del

bioinsumo a base de algas el cual fue seleccionado por su capacidad para aportar nutrientes esenciales directamente a los tejidos vegetales, optimizar procesos fisiológicos como la fotosíntesis y fortalecer la resistencia natural de las plantas frente a factores bióticos y abióticos.

El bioinsumo se aplicó en 12 ocasiones divididas en dos periodos de seis semanas, su incorporación fue documentada mediante bitácora técnica (Anexo 5), registros fotográficos (Anexo 6) y análisis comparativos (altura, producción, peso y grados brix) como parte del protocolo de evaluación costo-beneficio que dieron sustento a este proyecto de investigación.

La actividad fue registrada mediante fotografías que documentan el estado fenológico de las plantas y el procedimiento técnico seguido. Estas imágenes constituyeron la base visual para el análisis descriptivo y la validación de la intervención.



Fig. 18 Procedimiento técnico

Preparación de mezcla foliar para aplicación en limón persa: Se dosificaron 100 mL de Resinal (adherente vegetal) y 500 mL de bioestimulante a base de microalgas españolas, los cuales se homogenizaron previamente antes de ser incorporados a un tambo con 100 L de agua.

Una vez agotado el contenido del líquido aplicado, se procedió al lavado de los recipientes mediante la técnica de enjuague en tres tiempos. Este procedimiento consiste en realizar tres enjuagues consecutivos del envase plástico, cada enjuague se vierte en el tanque de preparación, asegurando así la recuperación del residuo útil y la correcta descontaminación del recipiente.

La aplicación del producto se llevó a cabo mediante el uso de tres equipos: dos mochilas de motor que operan con una mezcla de gasolina y aceite de dos tiempos como combustible, y una mochila de aplicación manual. Esta combinación de equipos permitió cubrir eficientemente las áreas de cultivo, optimizando el tiempo de trabajo y asegurando una distribución uniforme del insumo.

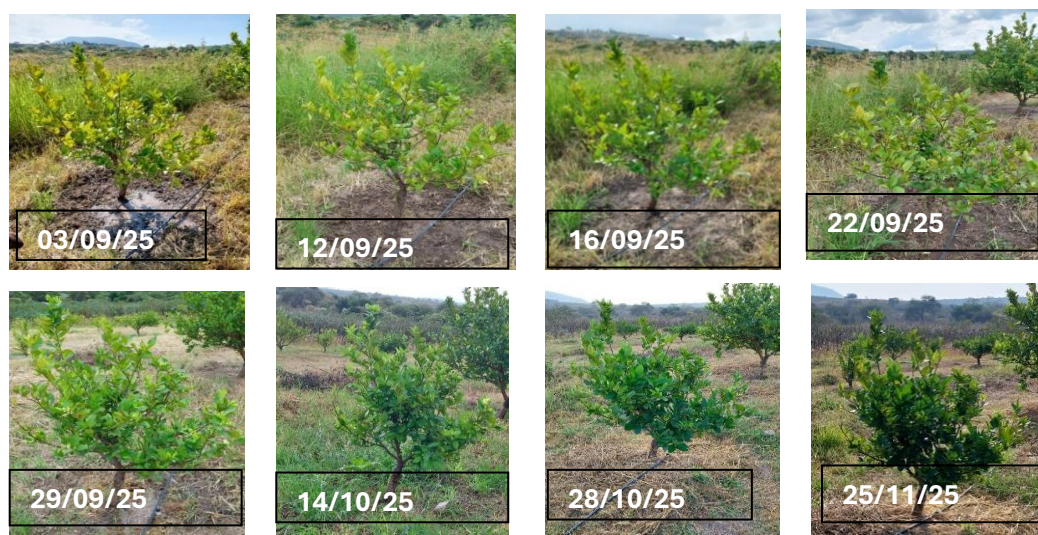


Fig. 19 Árbol tratado con bioinsumo a base de algas marinas.

Se dio seguimiento a un árbol en desarrollo vegetativo, el propósito fue documentar el cambio de coloración en el follaje, mismo que se percibió desde la segunda aplicación. En la tercera aplicación se apreció la presencia de follaje nuevo mientras que, en la cuarta, el árbol que no era reproductivo aún, presentó floración en varias ramas, lamentablemente el árbol se vio afectado por una plaga de insectos masticadores y chupadores perdiendo gran parte de la floración.

A través de las aplicaciones del bioinsumo, se fue observando un cambio en la coloración foliar de los árboles tratados, lo cual sugirió una respuesta fisiológica positiva y anticipó la eficacia del producto seleccionado. En contraste, los árboles correspondientes a la parcela testigo mantuvieron una coloración con poca variación, lo que reforzó la diferenciación en el efecto del tratamiento aplicado.



Fig. 20 Coloración foliar en sector testigo y sector de análisis.

Análisis costo-beneficio de aplicación

Presupuesto de costos de producción.

La producción de limón persa en la región de Sayula constituye una actividad agrícola de reciente introducción por lo que aún no cuenta con la generación de información precisa sobre los costos reales de producción, lo cual representa un obstáculo significativo para la consolidación y sostenibilidad de las unidades productivas dedicadas a este cítrico.

Un aspecto favorable para el desarrollo del cultivo de limón persa en México radica en su posicionamiento como uno de los cítricos en los que el país destaca a nivel internacional. Esta relevancia ha propiciado la existencia de una amplia bibliografía, que permite abordar con profundidad las etapas fenológicas del cultivo, lo cual permite estimar costos temporales como mano de obra, insumos en cada fase, proyectar rendimientos esperados y calcular los tiempos de recuperación de inversión. Hay bibliografía relacionada con el control y manejo de las principales plagas y enfermedades, la información permite definir el costo de prevención y control (bioinsumos, monitoreo, aplicaciones), permite también comparar escenarios (Convencional vs. Orgánico), evaluando diferencias en gasto y eficacia. Otra bibliografía se refiere al manejo agronómico integral del limón y aporta recomendaciones sobre densidad de plantación, poda, riego, fertilización, cosecha, etcétera, estos son parámetros que pueden ser calculados en costos fijos o variables, también permite relacionar la inversión inicial con beneficios a largo plazo. De esta manera cada dato técnico que la bibliografía aporta se traduce en un costo medible, y cada recomendación de manejo en un beneficio proyectado.

Los presupuestos de costos deben hacerse tomando en cuenta tres factores muy importantes: Productividad, Precio y Unidad productiva mínima viable.

La productividad contempla las condiciones de cultivo que garanticen la mayor producción posible por árbol y por hectárea, por medio de una programación técnica que tome en cuenta los ciclos fenológicos del cultivo y el plan nutricional

del mismo, basado en análisis de suelo, de tejido foliar y de agua; Planes de podas productivas que eviten al máximo tener alto porcentaje de nudos improductivos en árbol; Manejo integrado de plagas y enfermedades con actividades muy claras y programadas en una bitácora. Control de maleza adecuado para evitar la competencia con los limoneros.

Precio: precio con el cual se obtiene la rentabilidad esperada según los costos de producción de limón, se debe checar si el precio en el mercado está al nivel del precio ideal, o si es menor o mayor.

Unidad productiva mínima viable: Cantidad mínima de hectáreas, productividad y precio que garantizarían el nivel de ingresos suficientes para sostener el nivel deseado.

Cuadro 6 Costos de operación por hectárea en un año

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CONTROL DE MALEZAS				
Limpieza de maleza	6 días	2 jornales	450	5,400.00
Herramientas (machete, casanga, azadón, desbrozadora)	4	Herramienta	—	2,898.00
Faena	1	Lt	299.04	299.04
Aplicación	1	3 jornales (hr)	71.42	214.27
Gasolina	1	Lt	24	24
Aditivo	40	mLt	170	6.8
SUBTOTAL CONTROL DE MALEZAS				8,842.11
FERTILIZACIÓN Y CONTROL DE PLAGAS				
Yara Complex	61 kg	saco	1,700.00	2,074.00
Previcur	300 ml	Lt	1,270.00	381
Enraizador	1	Kg	299	299
Ácidos húmicos	1	Lt	125	125
Ácidos fúlvicos	1	Lt	125	125
Captan	1	Kg	200	200
Grogreen 20-30-10	1	Kg	105.05	105.05
Amino gib	10	grm	45	45
Imidacloprid	1	Lt	650	650

Gallinatox	1.131	Kg	93	105.18
Calcio, boro y zinc	1	Lt	175	175
Aceite de neem	1	Lt	299	299
Cipermetrina	250 mL	Lt	510	127.5
Aplicaciones	13	Jornales	214.27	2,785.51
Gasolina	9	Lt	24	216
Aditivo	180 mL	mLt	170	30.6
Mochilas de motor Raptor	2	Unidad	1,699.00	3,398.00
Mochila manual Lola	1	Unidad	1,293.00	1,293.00
SUBTOTAL FERTILIZACIÓN				11,140.84
BIOINSUMO				
Bioinsumo	12	Lt	766	9,192.00
Adherente	2400	mLt	270	648
Aplicación	12	Jornal	214.27	2,571.24
Gasolina	12	Lt	24	288
Aditivo	240 mL	mLt	170	40.8
SUBTOTAL BIOINSUMO				12,740.04
COSECHA				
Corte de limón	12	Jornal	214.27	2,571.24
Arpillas	7	Unidad	6.5	45.5
Cajas	6	Unidad	190	1,140.00
Clasificación, pesado y empaque	12	Jornal	71.42	857.04
Báscula	1	Unidad	1,476.00	1,476.00
SUBTOTAL COSECHA				6,089.78
TRANSPORTE				
Almacén	12	Lt/gas	24	288
Consumidor	240	Lt/gas	24	5,760.00
SUBTOTAL TRANSPORTE				6,048.00
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN				44,860.77

Cuadro 7 Costos generales de producción por hectárea en un año

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
ANÁLISIS				
Análisis de suelo	2	Unidad	1,825.08	3,650.16
Análisis de agua	1	Unidad	1,519.94	1,519.94
Análisis de tejido vegetal	2	Unidad	1,942.75	3,885.51
SUBTOTAL ANÁLISIS				9,055.61
MANTENIMIENTO DEL LIMÓN				
Podas	Semestral	Jornal	450	900

Tijeras para podar	1	Herramienta	565	565
Tijeras chicas para podar	1	Herramienta	110	110
SUBTOTAL MANTENIMIENTO				1,575.00
REHABILITACIÓN DE PLANTA EN SECTORES				
Compra de material para acodos (sustrato, vasos, cinta masking tape, enraizador, cuters, bolsa jumbo)	50	Material	—	533.65
Preparación y replantación de acodos	50 hrs	Jornal (hr)	64.28	3,214.28
SUBTOTAL REHABILITACIÓN				3,747.93
TOTAL COSTOS GENERALES DE PRODUCCIÓN				14,378.54

Resumen general de costos	
Tipo de costo	Monto
Costos generales de producción	\$14,378.54
Costos de operación	\$44,860.77
TOTAL GENERAL	\$59,239.31

Cuadro 8 Distribución porcentual de los costos de producción por hectárea

No.	Concepto	Costo (\$)	Participación (%)
1	Jornales (mano de obra)	18,513.58	31.25%
2	Bioinsumos	9,840.00	16.61%
3	Análisis (suelo, agua y tejido vegetal)	9,055.61	15.28%
4	Herramientas y equipo	8,447.00	14.25%
5	Cosecha y transporte	7,233.00	12.20%
6	Fertilización y control de plagas y enfermedades	4,710.73	7.95%
7	Mantenimiento y rehabilitación de árboles	533.65	0.90%
8	Control de maleza	299.04	0.50%
9	Otros	606.2	1.02%
	Total	59,239.31	100%

El cuadro anterior muestra la distribución porcentual de los costos de producción por hectárea del cultivo, permitiendo identificar los rubros que representan mayor incidencia económica. Este análisis fue fundamental para evaluar la estructura de costos del sistema productivo y valorar la viabilidad del uso del bioinsumo dentro del manejo agronómico debido a su impacto financiero ya que la

adquisición de este ocupa el segundo lugar en inversión por parte del agricultor sólo por debajo del pago de salarios.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Comparativos inicial y final de análisis de suelo y de tejido vegetal

Durante el periodo de agosto a diciembre se realizaron dos evaluaciones de suelo en la parcela de cultivo de limón persa con el objetivo de monitorear los efectos del bioinsumo aplicado. A continuación se presentan los resultados.

Cuadro 9 Comparativo propiedades físicas y químicas del suelo.

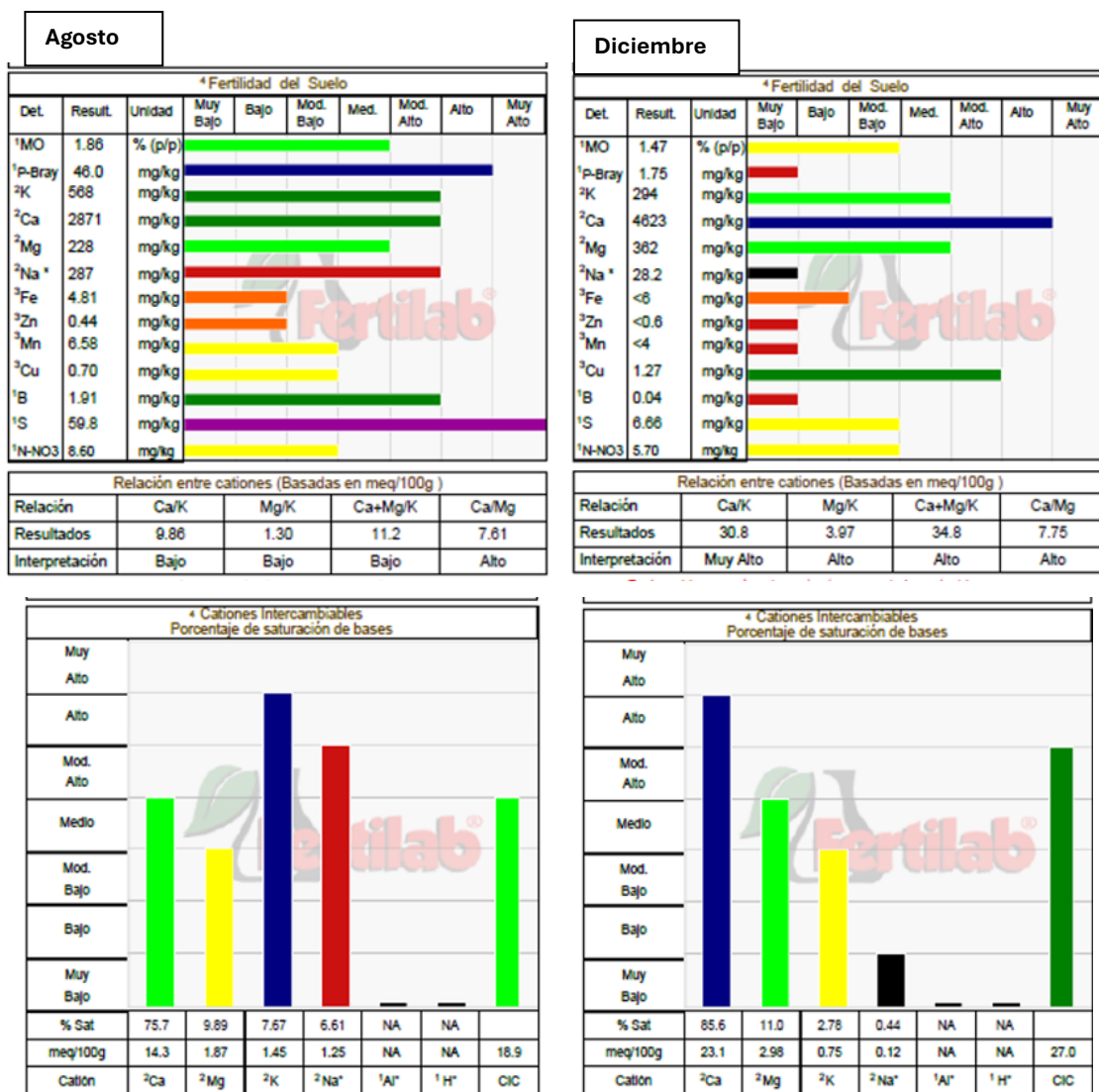
		Agosto	
Propiedades Físicas del Suelo		pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado	
Clase Textural	Franco Arcillo Arenoso	¹ pH (1.2 agua)	7.90 Mod. alcalino
¹ Punto de Saturación	32.0 % Mediano	¹ pH Buffer	NA
¹ Capacidad de Campo	18.9 % Mediano	¹ Carbonatos Totales (%)	0.83 % Muy Bajo
¹ Punto March. Perm.	10.1 % Mediano	¹ Salinidad (CE Extracto)	1.23 dS/m Mod. Bajo
¹ Cond. Hidráulica	6.20 cm/hr Alto	Requerimiento de Yeso	0.90 ** Ton/Ha
¹ Dens. Aparente	1.16 g/cm ³	Requerimiento de Cal	No Requiere
		Diciembre	
Propiedades Físicas del Suelo		pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado	
Clase Textural	Franco	¹ pH (1.2 agua)	8.08 Alcalino
¹ Punto de Saturación	42.2 % Mod. Alto	¹ pH Buffer	NA
¹ Capacidad de Campo	22.5 % Mod. Alto	¹ Carbonatos Totales (%)	4.79 % Bajo
¹ Punto March. Perm.	13.4 % Mod. Alto	¹ Salinidad (CE Extracto)	0.53 dS/m Bajo
¹ Cond. Hidráulica	3.00 cm/hr Mod. Bajo	Requerimiento de Yeso	No Requiere
¹ Dens. Aparente	1.16 g/cm ³	Requerimiento de Cal	No Requiere

Propiedades físicas: El cambio de textura de suelo, de un terreno franco-arcillo-arenosos a suelo franco, pudo deberse a las condiciones climáticas imperantes (viento, lluvia) cualquiera que fuere la causa, sugiere una mejor estructura de suelo ya que en diciembre mostró una mayor capacidad de retención de agua, aunque con menor infiltración, lo cual no representa riesgo e incluso puede favorecer el cultivo si se maneja bien el riego.

Propiedades químicas: El pH subió ligeramente, aunque suficiente para modificar el suelo de moderadamente alcalino a alcalino, la salinidad bajó, lo cual es positivo. No se encuentra una razón para el aumento de carbonatos ya que el agua de riego carece de ellos y no se aplicaron remediaciones con cal agrícola.

La eliminación del requerimiento de yeso indica que el suelo está menos afectado por sodio intercambiable.

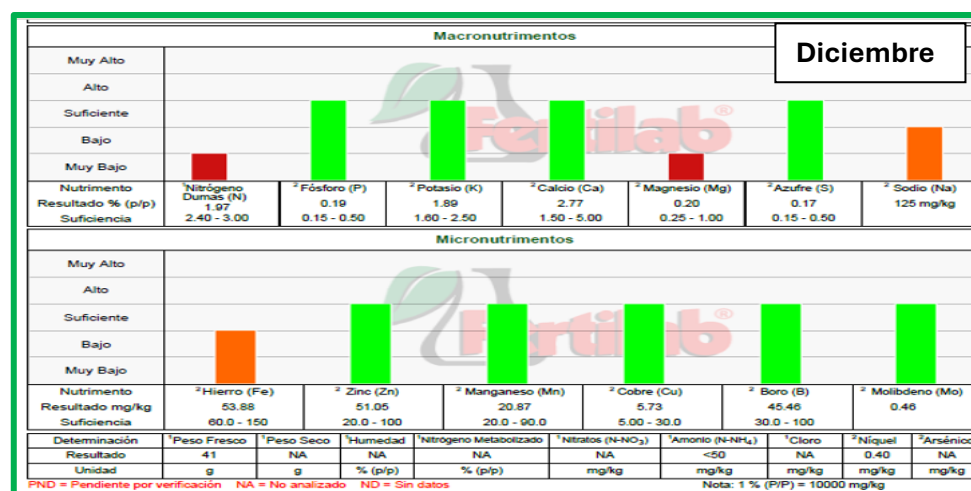
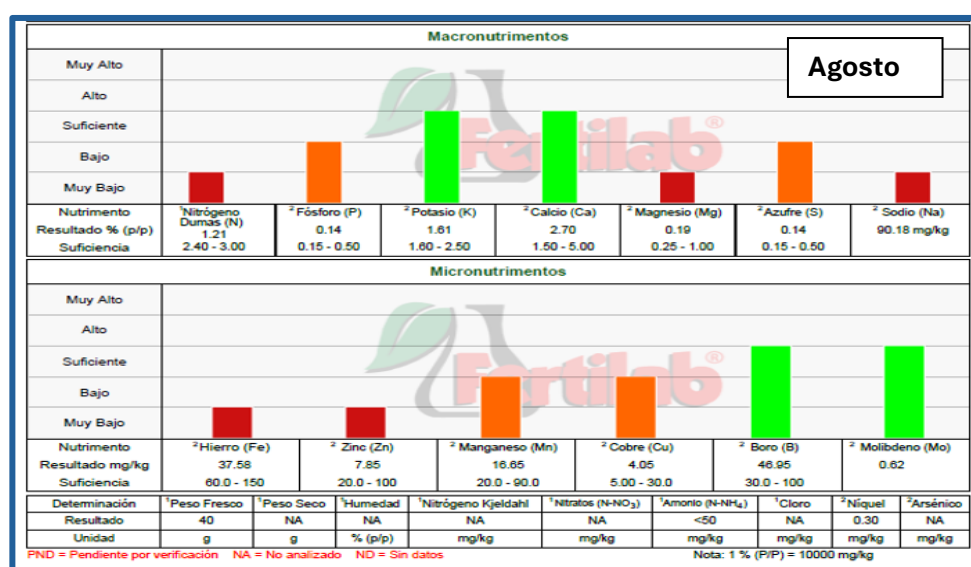
Cuadro 10 Comparativo fertilidad del suelo



En los resultados obtenidos se pudo observar que el manejo agronómico aplicado entre agosto y diciembre movilizó la estructura fisicoquímica del suelo y el balance catiónico y si bien se observó un descenso significativo en nutrientes como fósforo, potasio y materia orgánica, esto pudo deberse a la acción del

bioinsumo aplicado que facilitó la absorción vegetal, como ya se esperaba. Respecto a la mejoría en niveles de salinidad y sodio, junto con el aumento de calcio y magnesio, son indicadores de una evolución favorable del suelo, además, mejoró el nivel de CIC, alto contenido de calcio, buen magnesio, y bajo sodio, aunque el potasio en bajo nivel señala la necesidad de ajustarlo el plan de fertilización que debe realizarse cada año tomando en cuenta los nutrientes que el cultivo necesita.

Cuadro 11 Comparativo nutrición de tejido vegetal



En el comparativo de los análisis de nutrientes en tejido vegetal realizados en los meses de agosto y de diciembre, se observó una mejora significativa en el nivel nutrimental del cultivo, particularmente en fósforo, magnesio, azufre y micronutrientes como hierro y manganeso, que pasaron de rangos bajos o muy bajos a niveles suficientes o altos. Estas mejoras se relacionan temporal y fisiológicamente con la aplicación del bioestimulante a base de algas marinas, cuyo modo de acción se asocia con el incremento del desarrollo radicular que vuelve más eficiente la absorción de nutrientes contenidos en el suelo, la presencia de fitohormonas naturales y compuestos orgánicos contenidos en el bioinsumo, que favorecen la movilidad de nutrimentos en la planta adquiridos tanto por su sistema radicular como por vía foliar. Debe mencionarse que si bien el bioestimulante no constituye una fuente principal de nutrientes, sí contribuye a optimizar su aprovechamiento, lo que se refleja en el último análisis del tejido y que valida en parte la hipótesis establecida inicialmente ya que la aplicación del bioinsumo a base de algas marinas mejora significativamente el estado nutricional del cultivo, reflejado en mayores y/o más equilibradas concentraciones de nutrientes en el tejido vegetal respecto a la parcela testigo y al momento inicial.

7.2 Peso

Para realizar el análisis del peso promedio de limón en los árboles, de la producción total de cada árbol, se tomaron cinco limones siguiendo el siguiente criterio: se eliminaron el más pequeño y el más grande, se tomaron enseguida los que les seguían en tamaño (pequeño y grande) y tres de calibre medio, se pesaron individualmente para posteriormente obtener el promedio del peso del limón por árbol.

Cuadro 12 Promedio de peso por limón en los 6 bloques de estudio

Bloques	Norte 1	Norte 2	Norte 3	Sur 1	Sur 2	Sur 3
Árbol 1	84.00 gr	78.00 gr	68.00 gr	90.00 gr	72.00 gr	90.00 gr
Árbol 2	80.20 gr	78.75 gr	68.20 gr	85.09 gr	70.96 gr	78.85 gr
Árbol 3	85.35 gr	82.45 gr	70.72 gr	87.37 gr	90.00 gr	83.40 gr
Árbol 4	76.42 gr	72.13 gr	74.14 gr	90.45 gr	89.37 gr	94.25 gr
Árbol 5	80.12 gr	88.15 gr	78.45 gr	97.62 gr	78.40 gr	94.12 gr
Promedio	81.218 gr	79.896 gr	72.322 gr	88.306 gr	81.946 gr	87.704 gr

En la tabla aparecen los 30 árboles que fueron monitoreados para efectos de rendir resultados concretos, quince árboles de cada sector (norte y sur) divididos en tres grupos de cinco cada uno. Se tomó la producción total de cada árbol por separado seleccionando cinco limones con el criterio ya explicado, se pesó cada uno de ellos y se obtuvo el peso promedio de cada grupo.

Cuadro 13 Análisis ANOVA de un solo factor peso por limón.

Anova: Un solo factor

Resumen

Árboles	Cantidad	Suma	Promedio	Varianza
Norte 1	5	406.09	81.218	12.51892
Norte 2	5	399.48	79.896	34.96758
Norte 3	5	361.61	72.322	16.48802
Sur 1	5	441.53	88.306	10.22593
Sur 2	5	409.73	81.946	56.89598
Sur 3	5	438.52	87.704	20.27533

ANOVA

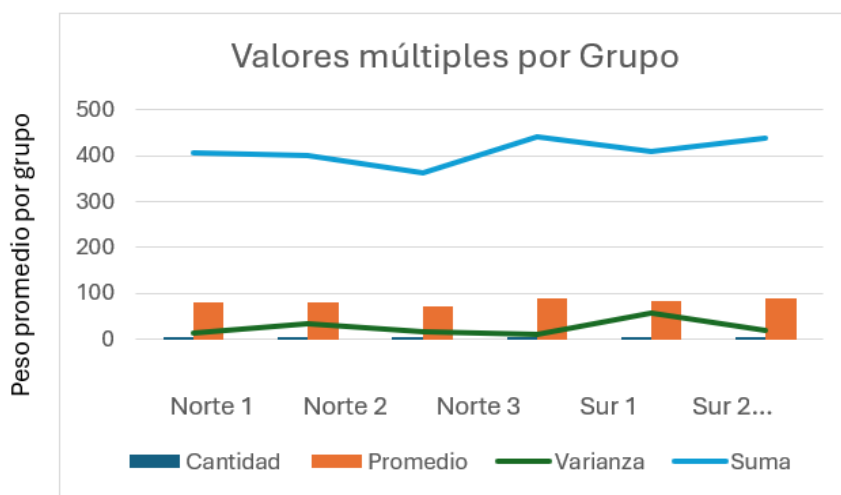
Fuente de variación	SS	df	MS	F	P-valor	F crit
Entre grupos	854.722907	5	170.944581	6.77581795	0.0004548	2.62065415
Dentro de grupos	605.48704	24	25.2286267			
Total	1460.20995	29				

La varianza mide cuánto se dispersan los pesos de los limones respecto a su media; en ANOVA de un solo factor se compara la varianza entre grupos con la varianza dentro de los grupos usando el estadístico F, (F calculada mayor a F de tablas, se acepta la hipótesis planteada). La varianza de un grupo es el promedio de las distancias al cuadrado de cada peso registrado respecto a la media del grupo, indica cuánto varían los pesos dentro de ese grupo. Si es pequeña, los limones pesan parecido; si es grande, hay más dispersión.

En los resultados que la tabla muestra, el grupo Sur 2 tuvo la mayor varianza (56.90): los limones en ese grupo se encontraron con grandes diferencias de peso, debido probablemente a la variabilidad genética del injerto. El grupo Sur 1 tuvo la menor varianza (10.23): los limones fueron muy uniformes, posiblemente por las condiciones similares de los árboles. La Norte 2 también mostró una varianza alta (34.97), indicando limones de tamaños muy variados. Los demás grupos presentaron varianzas moderadas, indicando una mezcla entre uniformidad y dispersión.

En las sumas de los cuadrados (SSB indica la suma de cuadrados entre grupos y SSE la suma de cuadrados dentro de los grupos, MSB es el cuadrado medio entre grupos y MSE cuadrado medio al interior de los grupos), al dividir MSB/MSE se obtiene la F calculada la cuál es comparada con la F estadística o crítica para comprobar o rechazar las hipótesis planteadas; en el caso presentado, siendo la F calculada mayor a la F crítica, se estableció que el peso promedio de los frutos cosechados en los árboles tratados con bioinsumo fue superior al de los frutos de los árboles testigo, lo que se muestra también en el gráfico que aparece a continuación:

Cuadro 14 Gráfica Peso de limón.



Al obtener la suma de cuadrados medios entre los grupos, se pudo observar que el grupo Norte 3 quedó significativamente por debajo de los grupos Sur1 y Sur3.

En un segundo pesaje realizado el 25 de noviembre se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 15. Peso por limón en los seis bloques de estudio.

Bloques	Norte 1	Norte 2	Norte 3	Sur 1	Sur 2	Sur 3
Árbol 1	78	77	78.2	94	82	91.1
Árbol 2	82	80.55	71.2	88	83.5	88.5
Árbol 3	77.1	82	75	92.3	94	84
Árbol 4	80.2	79.13	71.1	95	92.3	94.2
Árbol 5	81	84.5	80	103	88.1	90.6
Promedio	79.66	80.636	75.1	94.46	87.98	89.68

Se asumió que, dado que ambos sectores recibieron la misma cantidad de riego por árbol y los mismos cuidados a excepción de la aplicación del bioinsumo, la diferencia notoria en el peso obtenido se debió a la estimulación en el árbol por parte del producto y a los componentes nutricionales que las algas aportan al cultivo.

Cuadro 16 Análisis ANOVA de un solo factor peso por limón (segundo pesaje)

Anova: Factor único

Resumen

Árboles	Cantidad	Suma	Promedio	Varianza
Norte 1	5	398.3	79.66	4.218
Norte 2	5	403.18	80.636	8.07173
Norte 3	5	375.5	75.1	16.21
Sur 1	5	472.3	94.46	29.958
Sur 2	5	439.9	87.98	27.687
Sur 3	5	448.4	89.68	14.237

ANOVA

Fuente de variación	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Entre grupos	1324.0806	5	264.81612	15.8285449	6.358E-07	2.62065415
Dentro de los grupos	401.52692	24	16.7302883			
Total	1725.60752	29				

De acuerdo con la varianza se encontró que los grupos Norte 1 y Norte 2 tienen limones más uniformes en peso, debido tal vez a las condiciones de cultivo que fueron estables. Los grupos Sur 1 y Sur 2 presentaron mayor variabilidad, los pesos aumentaron, pero se dispersaron más, lo que pudo deberse al efecto del bioinsumo al mejorar las condiciones de los árboles. El grupo Sur 3 mostró un buen rendimiento con poca variabilidad.

Al dividir MSB (cuadrado medio entre grupos) entre MSE (cuadrado medio al interior de los grupos), se obtuvo la F calculada, que una vez más fue mayor a la F crítica, quedando de manifiesto que el peso de los limones cuyos árboles fueron tratados con bioinsumo a base de algas marinas es mayor que el peso de los árboles con un manejo convencional.

7.3 Grados brix o Sólidos solubles totales

Los grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$) miden la cantidad de sólidos solubles totales (principalmente azúcares como sacarosa, fructosa y glucosa) en un líquido al interior de un fruto. 1 grado Brix equivale a 1 gramo de azúcar por cada 100 gramos de jugo. Aunque los autores no logran ponerse de acuerdo, la mayoría establece que los grados brix que debe tener el limón persa va de los 8° a los 10° Bx.

Utilizando un refractómetro Smart Sensor marca Genérica, se midieron los grados brix de 30 limones, uno representativo de cada árbol de los bloques de análisis, obteniendo los resultados siguientes:

Cuadro 17 Grados Brix obtenidos en los seis bloques de estudio.

Bloques	Norte 1	Norte 2	Norte 3	Sur 1	Sur 2	Sur 3
Árbol 1	8.0	8.5	13.1	7.8	8.3	8.2
Árbol 2	7.5	7.1	8.7	7.8	8.5	8.0
Árbol 3	8.3	7.5	9.8	8.2	8.6	7.8
Árbol 4	9.7	6.8	8.4	8.4	8.0	8.8
Árbol 5	10.9	8.2	9.3	8.5	8.5	8.6
Promedio	8.88	7.62	9.86	8.14	8.38	8.28

Los promedios de $^{\circ}\text{Bx}$ obtenidos en los árboles de cinco bloques, estuvieron dentro de los parámetros establecidos para limón persa (de 8° Bx a 10°Bx) excepción hecha del bloque Norte 2 cuyo promedio fue de 7.62°Bx .

Cuadro 18 Análisis ANOVA de un solo factor $^{\circ}\text{Bx}$ por limón

Anova: Factor único

Resumen				
<i>Grupos</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Norte 1	5	44.4	8.88	1.942
Norte 2	5	38.1	7.62	0.517
Norte 3	5	49.3	9.86	3.573

Sur 1	5	40.7	8.14	0.108
Sur 2	5	41.9	8.38	0.057
Sur 3	5	41.4	8.28	0.172

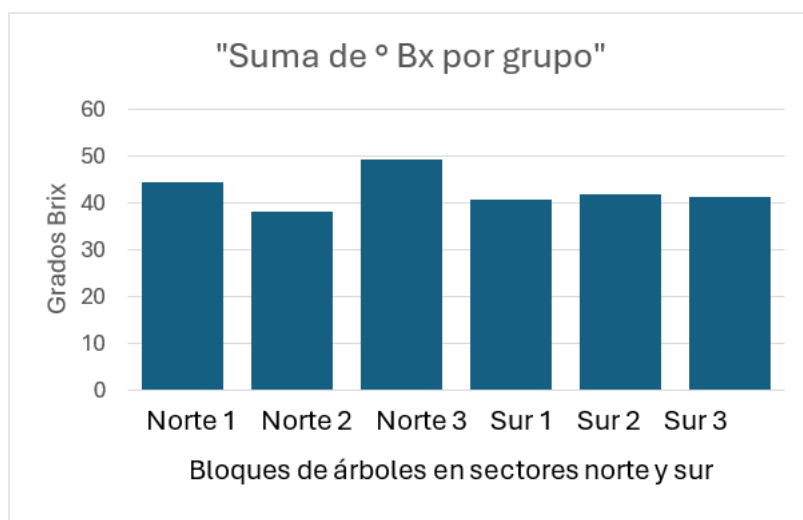
ANOVA						
<i>Fuente de variación</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-valor</i>	<i>F crit</i>
Entre grupos	14.7826667	5	2.95653333	2.78524101	0.04027667	2.62065415
Dentro de los grupos	25.476	24	1.0615			
Total	40.2586667	29				

Después, se procedió a realizar el análisis ANOVA cuyos resultados indicados en la varianza de la tabla, señalaron que, aunque los grupos Norte 1 y Norte 3 estuvieron dentro de los parámetros aceptables de grados brix, presentaron más dispersión entre los datos obtenidos de los limones tomados como muestra, ya que en el grupo N1 la diferencia entre el limón con menos ° Bx y el limón con más °Bx fue de 1.942°Bx y en el grupo N3 fue de 3.573°Bx.

La variación entre grupos ($SS = 14.78 / df = 5$), reflejó las diferencias en los promedios de grados Brix entre los seis bloques, mientras que la variación dentro de los grupos ($SS = 25.48 / df = 24$), mostró la variabilidad que hay entre los limones dentro de cada bloque.

Al obtener mediante MSB/MSE la F calculada y al comparar con la F crítica o estadística de las tablas de Tukey, se encontró que F calculada es mayor que F crítica por lo que hay evidencia estadística de que al menos un bloque tiene un promedio de grados Brix significativamente diferente de los demás.

Cuadro 19 Gráfica. Suma de °B por grupo



La representación de datos en la gráfica anterior muestra mayor uniformidad (menos dispersión) en los ° Bx de los bloques del sector sur que fueron tratados con el bioinsumo a base de algas marinas.



Fig. 21 Toma de muestras para medir °Bx

En una segunda medición efectuada el 25 de noviembre se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 20. °Bx obtenidos en los seis bloques de estudio. Segunda muestra.

Bloques	Norte 1	Norte 2	Norte 3	Sur 1	Sur 2	Sur 3
Árbol 1	7.7	7.1	13.1	8.3	8.8	8.5
Árbol 2	9.8	6.2	8.2	7.7	8.4	8.5
Árbol 3	13.4	7.4	9.6	7.8	8.2	8.8
Árbol 4	9.4	8.1	9.1	8.5	8.2	8.3
Árbol 5	9.10	7.5	9.3	8.5	8.6	8.6
Promedio	9.88	7.26	9.86	8.16	8.44	8.54

El cuadro mostró en el sector norte un bloque fuera de los parámetros aceptables de grados brix (norte 2), mientras que los resultados de los otros dos bloques en la misma tabla presentaron mayor dulzor en los limones, sin embargo, los resultados en el sector sur se mostraron equilibrados, lo cual sugirió un estado homogéneo en los árboles debido en gran medida al tratamiento seguido con el bioinsumo utilizado.

Cuadro 21. Análisis ANOVA de un solo factor. °B por limón (Segunda muestra)

Anova: Factor
único

RESUMEN

Árboles	Cantidad	Suma	Promedio	Varianza
Norte 1	5	49.4	9.88	4.497
Norte 2	5	36.3	7.26	0.483
Norte 3	5	49.3	9.86	3.553
Sur 1	5	40.8	8.16	0.148
Sur 2	5	42.2	8.44	0.068
Sur 3	5	42.7	8.54	0.033

ANOVA

Fuente de Variación	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Entre grupos	25.979	5	5.1958	3.54985197	0.01523051	2.62065415

Dentro de los grupos	35.128	24	1.46366667
Total	61.107	29	

El análisis de varianza confirmó una mayor dispersión de °Bx en los limones del sector norte, más notoria en los bloques uno y tres; mientras que en los bloques sur 2 y sur 3 los °Bx de los árboles fueron bastante uniformes.

La variación entre grupos mostró las diferencias en los promedios de grados Brix entre los seis bloques, mientras que la variación dentro de los grupos señaló la variabilidad que hay entre los limones dentro de cada bloque.

Al obtener la F calculada y al comparar con F crítica o estadística de las tablas de Tukey, se encontró que F calculada es mayor que F crítica por lo que, la evidencia estadística mostró que al menos un bloque tiene un promedio de grados Brix significativamente diferente de los demás.

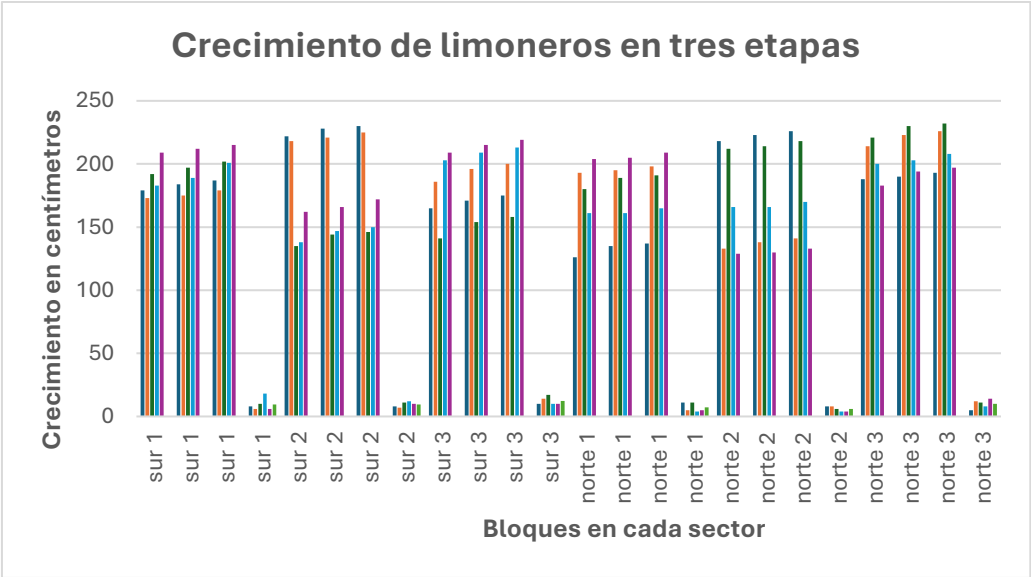
7.4 Altura de árboles

Otro de los parámetros que se tomaron en cuenta para decidir si la relación costo-beneficio del uso del bioinsumo a base de algas marinas en los limoneros favorecía a los agricultores, fue el registro de la altura de los árboles durante el tiempo en que les fue aplicado el producto. El primer reporte se realizó el día 23 de septiembre del 2025, el segundo se registró el 21 de octubre y el reporte final se efectuó para el 28 de noviembre del mismo año. Los resultados se presentan a continuación:

Cuadro 22 Registro de crecimiento de árboles

23/09/2025	21/10/2025	28/11/2025	Crec. cm.	23/09/2025	21/10/2025	28/11/2025	Crec. cm.	23/09/2025	21/10/2025	28/11/2025	Crec. cm.
sur 1				sur 2				sur 3			
179	184	187	8	222	228	230	8	165	171	175	10
173	175	179	6	218	221	225	7	186	196	200	14
192	197	202	10	135	144	146	11	141	154	158	17
183	189	201	18	138	147	150	12	203	209	213	10
209	212	215	6	162	166	172	10	209	215	219	10
9.6				9.6				12.2			
23/09/2025	21/10/2025	28/11/2025	Crec. cm.	23/09/2025	21/10/2025	28/11/2025	Crec. cm.	23/09/2025	21/10/2025	28/11/2025	Crec. cm.
norte 1				norte 2				norte 3			
126	135	137	11	218	223	226	8	188	190	193	5
193	195	198	5	133	138	141	8	214	223	226	12
180	189	191	11	212	214	218	6	221	230	232	11
161	161	165	4	166	166	170	4	200	203	208	8
204	205	209	5	129	130	133	4	183	194	197	14
7.2				6				10			

Cuadro 23 Crecimiento de limoneros en tres etapas



Aunque los resultados visibles pudieran sugerir que la aplicación del bioisumo favoreció el crecimiento de los limoneros en el sector sur, un bloque del sector

norte (bloque tres) podía ser el referente de que el producto no tenía relación con el crecimiento de los árboles, por lo que se realizaron en cada etapa análisis ANOVA de un solo factor, para sostener la información con datos estadísticos.

Cuadro 24 Crecimiento de árboles en centímetros. (Sep – Oct)

Bloques	Norte 1	Norte 2	Norte 3	Sur 1	Sur 2	Sur 3
Árbol 1	9	5	2	5	6	6
Árbol 2	2	5	9	2	3	10
Árbol 3	9	2	9	5	9	13
Árbol 4	0	0	3	6	9	6
Árbol 5	1	1	11	3	4	6
Promedio	4.2	2.6	6.8	4.2	6.2	8.2

Después de la primera etapa de aplicaciones foliares, finalizada el 14 de octubre, se registró el crecimiento en centímetros que presentaron los árboles de cada bloque, respecto al registro inicial que se tomó el 23 de septiembre, los cuales aparecen en la tabla anterior, así como el promedio de crecimiento.

Cuadro 25. Análisis ANOVA de un solo factor. Crecimiento en centímetros.

Anova: Factor único

Resumen

<i>Bloques</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Norte 1	5	21	4.2	19.7
Norte 2	5	13	2.6	5.3
Norte 3	5	34	6.8	16.2
Sur 1	5	21	4.2	2.7
Sur 2	5	31	6.2	7.7
Sur 3	5	41	8.2	10.2

ANOVA

<i>Fuente de variación</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Entre grupos	105.766667	5	21.1533333	2.05372168	0.10691263	2.62065415

Dentro de los grupos	247.2	24	10.3
Total	352.966667	29	

Las varianzas obtenidas en cada bloque mostraron notoria dispersión en todos los datos siendo en los bloques Norte 3 y Norte 1 mayor que en las otras, sin embargo, como la F calculada fue menor que la F crítica, estadísticamente hablando, no existió evidencia suficiente para decir que los bloques crecían de manera diferente y aunque los promedios de los bloques fueron distintos, esas variaciones no fueron lo suficientemente grandes como para descartar que se debían al azar o a la naturaleza de los limoneros. A pesar de las diferencias visuales en los promedios, los bloques se comportaron de forma estadísticamente similar bajo las condiciones de esos momentos.

Para el registro final de crecimiento, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro 26. Crecimiento de árboles en centímetros. (Sep – Nov)

Bloques	Norte 1	Norte 2	Norte 3	Sur 1	Sur 2	Sur 3
Árbol 1	11	8	5	8	8	10
Árbol 2	5	8	12	6	7	14
Árbol 3	11	6	11	10	11	17
Árbol 4	4	4	8	18	12	10
Árbol 5	5	4	14	6	10	10
Promedio	7.2	6	10	9.6	9.6	12.2

El cuadro muestra el crecimiento en centímetros que tuvieron los árboles desde el registro inicial hecho en septiembre y el final, a punto de concluir las dos series de aplicaciones del producto. Nuevamente en el bloque tres del sector norte los árboles lograron un desarrollo favorable sin aplicaciones foliares del bioinsumo utilizado en el sector sur, por lo que, para validar la hipótesis, se recurrió al análisis ANOVA de un solo factor.

Cuadro 27 Análisis ANOVA crecimiento de árboles (Sep-Nov)

Anova: Factor único

Resumen

<i>Bloques</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Norte 1	5	36	7.2	12.7
Norte 2	5	30	6	4
Norte 3	5	50	10	13
Sur 1	5	48	9.6	25.8
Sur 2	5	48	9.6	3.3
Sur 3	5	61	12.2	9.7

ANOVA

<i>Fuente de variación</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-valor</i>	<i>F crit</i>
Entre grupos	107.47	5	21.49	1.88	0.136	2.62065415
Dentro de los grupos	273.6	24	11.40			
Total	381.07	29				

Una vez más, en las varianzas obtenidas se observó gran dispersión entre el crecimiento de los árboles en cada bloque, al obtener la F calculada, esta resultó ser menor que la F crítica por lo que estadísticamente el crecimiento de los árboles se comportó de una manera normal en ambos sectores de la tabla 3, aunque el grupo **Sur 3** mostró un crecimiento mayor (12.2 cm), la variabilidad de los datos fue lo suficientemente alta como para establecer que esas diferencias pudieron deberse al azar y no necesariamente a la ubicación de los árboles en cada sector.

Cabe señalar, que si bien los resultados obtenidos indicaron que el crecimiento en altura, expresado en centímetros, no presentó diferencias significativas entre los árboles establecidos en ambos sectores, durante las evaluaciones de campo fue evidente un mayor desarrollo lateral, particularmente en la expansión del

follaje y la ramificación. Este comportamiento sugiere una respuesta asociada a la aplicación del bioinsumo. No obstante, dichas variables relacionadas con el crecimiento lateral y la biomasa aérea no fueron consideradas dentro de los indicadores evaluados en el presente proyecto, por lo que su análisis quedó fuera del alcance de esta investigación y se reconoce como una línea de estudio relevante para trabajos futuro

7.5 Incidencia de plagas y enfermedades

Durante las labores de control de maleza realizadas en la tabla 3, se identificó la presencia generalizada de la plaga conocida comúnmente como *gallina ciega*, correspondiente a las larvas rizófagas de escarabajos del género *Phyllophaga*, considerada una de las plagas rizófagas más dañinas en cultivos agrícolas de México. Al exponer la base de los árboles, se constató la presencia mínima de una larva por planta, llegando en algunos casos a registrarse hasta cinco individuos por árbol.

Dado el nivel de infestación y la evidente resistencia de la plaga, fue necesario aplicar diversos productos destinados a su control, en cantidades equivalentes para ambos sectores de estudio, conforme se detalla en el Anexo 5

Para la segunda quincena de noviembre, y tras dar seguimiento al programa de manejo fitosanitario, se observó una disminución significativa en la población de plaga en ambos sectores. Este comportamiento permitió concluir que la reducción no se atribuye a la aplicación del bioinsumo evaluado, sino principalmente al uso de insumos especializados empleados para el control directo de *Phyllophaga spp.*



Fig. 22 Gallina Ciega (*Phyllophaga spp.*)

Otras plagas que generaron afectaciones importantes en los limoneros fueron diversos insectos chupadores y masticadores, cuya actividad provocó daño directo al follaje tierno y a brotes vegetativos del cultivo. Entre los organismos identificados se encontraron:

Hormigas (*Formicidae*), estas interfieren en el equilibrio biológico del cultivo al proteger a insectos productores de mielecilla, favoreciendo indirectamente la aparición de fumagina.

Grillos (*Gryllidae*), los cuales consumen tejido vegetal joven ocasionando defoliación parcial del cultivo.

Chapulines (*Acrididae*) especialmente géneros como *Melanoplus* y *Sphenarium*, se caracterizan por su alimentación voraz, generan daños severos en follaje y brotes tiernos.

Campamochas o mantis (*Mantodea*) aunque la mayoría se identifican como depredadoras, causan lesiones mecánicas en brotes tiernos.

Bushgrillos (*Tettigoniidae*) afectan principalmente hojas jóvenes y pecíolos que les sirven de alimento.

Saltamontes (*Orthoptera*: varias especies), Se alimentan vorazmente, principalmente de brotes tiernos del follaje.



Fig. 23 a) Bushgrillo b) Saltamontes c) Grillo d) Daños en limonero

En estos casos, se asumió que la aplicación del bioinsumo utilizado, al favorecer el crecimiento y desarrollo de follaje nuevo, provocó que los limoneros del sector sur fueran, tal vez, más susceptibles al ataque de estos insectos masticadores y chupadores; varios árboles perdieron su floración y renuevos, (más palatables y nutricionalmente más atractivos respecto al sector norte) al ser atacados por estas plagas.

Las especies identificadas mostraron una alta resistencia a los bioinsecticidas inicialmente utilizados, esto obligó a la aplicación de productos de control de mayor eficacia para lograr una disminución en sus poblaciones. De esta situación se debe resaltar la importancia de integrar estrategias de manejo fitosanitario combinando monitoreo constante con selección adecuada de insumos, a fin de mitigar los daños que pudieran comprometer el rendimiento del cultivo.

Se identificaron otras plagas de importancia económica en el cultivo de limón persa, entre ellas destaca la escama verde o cochinilla blanda (*Coccus hesperidum*), que es un insecto fitófago que se establece en brotes tiernos y las ramas más delgadas del árbol y se alimenta mediante la succión del floema, provocando debilitamiento progresivo en el tejido vegetal, favorece la excreción de mielecilla que propicia la aparición de fumagina en el árbol.

También se detectó la presencia de mosca blanca o mosca algodonosa de los cítricos (*Aleurothrixus floccosus*), que se establece en el envés de las hojas jóvenes, al alimentarse de la savia vegetal, produce secreciones azucaradas que sirven como sustrato a hongos saprófitos asociados a la fumagina, reduciendo la capacidad fotosintética al obstruir el funcionamiento de las estomas y generando deterioro en los frutos, lo que repercute negativamente en su valor comercial.

Gusano minador de la hoja (*Phyllocnistis citrella*), Es una plaga clave en cítricos ya que genera galerías en las hojas jóvenes del árbol. Este daño reduce el proceso fotosintético, induce deformaciones foliares y aumenta la susceptibilidad

del cultivo a patógenos oportunistas (hongos y bacterias) que penetran a través del tejido dañado.

En el sector sur, las incidencias disminuyeron considerablemente lo cual sugiere una mayor capacidad de resistencia inducida en los árboles tratados con el bioinsumo a base de algas marinas. Además, el manejo foliar llevado a cabo cada semana, pudo contribuir para mantener limpia la estructura y el follaje del árbol, favoreciendo mecanismos de defensa y mejorando la sanidad del cultivo.



Fig. 24 a) Escama blanda. b) Deformación por gusano minador c) gusano minador

En cuanto a las enfermedades presentes en el cultivo, al mejorar la nutrición de los árboles en el sector sur, se favoreció una mayor capacidad para resistir el deterioro, en contraste con los árboles del sector norte, donde se registraron pérdidas completas de individuos. Debilitados por falta de nutrientes tanto en el suelo como en el tejido vegetal se volvieron más susceptibles a patógenos oportunistas.

Entre las afectaciones identificadas se observó clorosis generalizada y presencia de manchas negras, síntomas comúnmente asociados al ataque de insectos chupadores, mosca blanca, pulgones o cochinillas. Estos organismos además de inducir clorosis al extraer savia del floema dejaron residuos que favorecieron el desarrollo de fumagina. Las manchas negras observadas en el follaje pudieron corresponder a excretas o colonias fúngicas secundarias de microorganismos saprófitos.

Se identificaron también lesiones verticales en la corteza con exposición del tejido interno de coloración rojiza-marrón, sin exudado gomoso visible. Este tipo de daño se asocia frecuentemente a heridas ocasionadas por un manejo cultural deficiente que dio lugar a infecciones fúngicas por patógenos como *Lasiodiplodia theobromae*, *Fusarium spp.*, o *Nigrospora sp.*, agentes comunes de cancro, necrosis cortical y muerte regresiva en cítricos.

Por otra parte, se observaron hojas con clorosis intervenal que no necesariamente indicaban una enfermedad, sino que pudieron deberse a una respuesta fisiológica asociada a su deficiencia nutricional, falta de hierro o nitrógeno, estrés hídrico, elevada salinidad, competencia radicular por maleza o debido a la compactación del suelo.

Estas interpretaciones coinciden con los resultados de los análisis iniciales de tejido vegetal, tanto el hierro como el nitrógeno estaban en niveles muy bajos, comprometiendo procesos como la síntesis de clorofila, la actividad fotosintética y el metabolismo de aminoácidos. Adicionalmente durante los meses de agosto y septiembre, se registró estrés hídrico debido a una falla temporal en la bomba del sistema de riego y el cultivo dependió exclusivamente de la precipitación pluvial, además la elevada presencia de maleza, que compitió por agua, luz y nutrientes, intensificó la sintomatología en el sector norte.

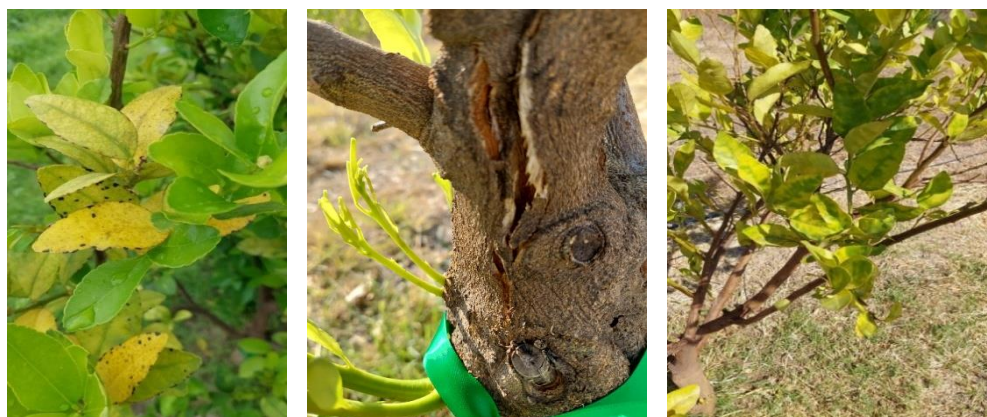


Fig. 25 a) Clorosis y manchas negras b) Lesiones en corteza c) Clorosis intervenal

7.6 Análisis costo beneficio neto de la aplicación del bioestimulante a base de algas marinas.

El análisis de rentabilidad se determinó mediante la relación costo-beneficio, proyectando los costos operativos de aplicación (insumo y mano de obra) a una superficie de una hectárea. Para el cálculo de los ingresos, se tomó como referencia el rendimiento obtenido en el lote experimental de media hectárea. El flujo financiero consideró el precio de mercado actual del limón, sin tomar en cuenta la estacionalidad de precios, pero agregando tanto al costo del bioinsumo como al valor de la cosecha una tasa inflacionaria anual del 3.63%.

La proyección se efectuó utilizando la siguiente fórmula:

Variable	Fórmula base
Costo total por tratamiento	Costo bioinsumo + mano de obra
Ingreso bruto	Rendimiento (kg) × Precio de venta (\$/kg)
Beneficio neto	Ingreso bruto – Costo total
Relación beneficio/costo	Beneficio neto / Costo total
ROI	(Beneficio neto / Costo total) × 100

Costo total (Año 1)	$9,192 + 2,571.24 = \mathbf{11,763.24}$
Ingreso bruto	$529 \text{ Kg} \times \$10.00 = \mathbf{\$ 5,290.00}$
Beneficio neto	$5,290.00 - 11,763.24 = \mathbf{-6,473.24}$
Rel. benef /costo	$-6,473.24 / 11,763.24 = \mathbf{-0.550}$
ROI	$(-6,473.24 / 11,763.24) \times 100 = -0.550 \times 100 = \mathbf{-55}$
Costo total (Año 2)	$9,525.66 + 2,664.58 = \mathbf{12,190.24}$
Ingreso bruto	$709 \text{ Kg} \times \$10.36 = \mathbf{\$ 7,345.24}$
Beneficio neto	$7,345.24 - 12,190.24 = \mathbf{-4,845}$
Rel. benef /costo	$-4,845.00 / 12,190.24 = \mathbf{-0.397}$
ROI	$(-4,418.00 / 12,190.24) \times 100 = -0.397 \times 100 = \mathbf{-39.7}$

Costo total (Año 3)	$9,871.44 + 2,761.30 = \mathbf{12,632.74}$
Ingreso bruto	$1,071 \text{ Kg} \times \$10.74 = \mathbf{\$ 11,502.54}$
Beneficio neto	$11,502.54 - 12,632.74 = \mathbf{-1,130.20}$
Rel. benef /costo	$-1,130.20 / 12,632.74 = \mathbf{-0.089}$
ROI	$(-1,130.20 / 12,632.74) \times 100 = -0.089 \times 100 = \mathbf{-8.9}$
Costo total (Año 4)	$10,229.77 + 2,861.53 = \mathbf{13,091.3}$
Ingreso bruto	$1,891 \text{ Kg} \times \$11.13 = \mathbf{\$ 21,046.83}$
Beneficio neto	$21,046.83 - 13,091.3 = \mathbf{7,955.53}$
Rel. benef /costo	$7,955.53 / 13,091.3 = \mathbf{0.607}$
ROI	$(7,955.53 / 13,091.3) \times 100 = -0.607 \times 100 = \mathbf{60.7}$
Costo total (Año 5)	$10,601.11 + 2,965.40 = \mathbf{13,566.51}$
Ingreso bruto	$4,064 \text{ Kg} \times \$11.54 = \mathbf{\$ 46,898.56}$
Beneficio neto	$46,898.56 - 13,566.51 = \mathbf{33,332.05}$
Rel. benef /costo	$33,332.05 / 13,566.51 = \mathbf{2.45}$
ROI	$(33,332.05 / 13,566.51) \times 100 = -2.45 \times 100 = \mathbf{245}$

El análisis de flujo de efectivo proyectado a cinco años revela que el retorno de inversión (ROI) presenta un saldo negativo durante el primer trienio. El déficit inicial del 55% se reduce gradualmente al 39.7% en el segundo ciclo y al 8.9% en el tercero, esta reducción marca una tendencia de recuperación al ir reduciendo la brecha financiera. El punto de equilibrio se alcanza hacia el cuarto año con una utilidad del 60.7%, culminando el periodo con una rentabilidad acumulada del 245% en el quinto año, consolidando un margen de utilidad positivo que absorbe los costos de inversión de los años anteriores, lo que valida la viabilidad financiera del proyecto a mediano plazo.

Cuadro 28 Proyección de ingresos en una Ha de limón persa.

AÑOS	HAS.	TONELADA POR HA.	PRECIO ACTUAL POR KG	INGRESO ANUAL	EGRESO	GANANCIA	REL BEN/COS	ROI
1	1	0.529 *	\$ 10.00	\$ 5,290.00	11,763.24	-6,473.24	0.550	55%
2	1	0.709**	\$10.36***	\$7,345.24	12,190.24	-4,845.00	0.397	39.7%
3	1	1.071	\$10.74	\$11,502.54	12,632.74	-1,130.20	0.089	8.9%
4	1	1.891	\$11.13	\$21,046.83	13,091.3	7,955.53	0.607	60.7%
5	1	4,064	\$11.54	\$46,898.56	13,566.51	33,332.05	2.45	245%

*Suma de producción mensual (4) en el sector de análisis, multiplicado por dos (norte y sur), promedio y proyección a un año.

$88.103 \text{ Kg} \times 2 = 176.206 \text{ Kg} / 4 \text{ meses} = 44.0515 \text{ Kg} \times 12 \text{ meses} = 0.529 \text{ T/Ha}$

**Proyección calculada a partir del 22.71% tomado del incremento obtenido en el primer cuatrimestre del proyecto más el 50% agregado al porcentaje, a cada periodo.

***Considerando que la inflación general anual en México se ubicó alrededor del 3.63% en la primera quincena de octubre de 2025 y asumiendo un índice inflacionario anual constante del 3.63%, el precio del kilogramo de limón costará aproximadamente **10,36 pesos** en un año, **10,74 pesos** en dos años, **11,13 pesos** en tres años y **11,54 pesos** en cuatro años. (No se considera el periodo donde el limón eleva considerablemente su precio). Se aplicó el mismo índice inflacionario a los egresos.

VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Fecha	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Actividad																		
Presentación ante socios y trabajadores de la empresa. Familiarización con la empresa (Ubicación, distribución. Presentación del proyecto																		
Análisis de suelo de parcelas demostrativa y testigo																		
Análisis de agua de riego de parcelas demostrativa y testigo																		
Análisis de tejido vegetal de parcelas demostrativa y testigo																		
Conteo de árboles en existencia y faltantes																		
Control de maleza																		
Revisión de árboles para detectar plagas y/o enfermedades																		
Cálculo de estimado de producción (a un mes) en parcelas demostrativa y testigo																		
Análisis de ficha técnica del producto elegido																		
Compra y registro económico del bioinsumo																		
Aplicaciones del bioinsumo Nutrenza foliar.																		
Control de altura de árboles																		
Comparación de producción de limón con tabla testigo																		

Comparación de peso promedio por limón con tabla testigo																		
Comparación de grados brix de limón con tabla testigo																		
Análisis costo - beneficio en la aplicación																		
Análisis de suelo en parcela demostrativa																		
Análisis de tejido vegetal en parcela demostrativa																		
Presentación de resultados																		
Cierre de proyecto																		

IX. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten establecer conclusiones fundamentadas sobre el impacto agronómico y económico del uso de bioestimulantes a base de algas marinas en el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia*), bajo las condiciones específicas de producción de la Empresa Agropecuaria VEGMA.

Aún hay mucho por decir respecto al uso de las algas en el campo de la agronomía pues existen pocos estudios que den validez científica o estadística a los beneficios que aportan en diferentes cultivos. Chiaiese P et al. en su investigación realizada en el 2018, titulada: *Fuentes renovables de bioestimulación vegetal: las microalgas como medio sostenible para mejorar el rendimiento de los cultivos*, señalan estudios documentados del uso de microalgas en cultivos como lechuga, amaranto rojo, pack choi, tomate y pimiento en los cuales se demostró que estimulan la germinación, el crecimiento de la plántula y la biomasa de brotes y raíces, debido a que facilitan la absorción de nutrientes y mejoran la capacidad fotosintética de los cultivos.

García, O. et al. (2021) Realizaron su investigación específicamente en limón persa, en el estado de Veracruz, México, su hipótesis a probar fue que la concentración al 3% de algas marinas en fertilización foliar aumenta el rendimiento y calidad de fruto de exportación respecto a la tabla testigo, tabla al 1% y tabla al 2%. Aun cuando en el análisis de algunas de sus variables no hubo diferencia estadística notable, ellos señalan diferencias significativas por ejemplo en el peso, que osciló de 81.39 g en el testigo a 87.78 g en el tratamiento. En el número de frutos de empaque, 91, aunque fue mayor en el tratamiento 3%, tampoco se dieron diferencias estadísticas, así como tampoco para el número de frutos para mercado nacional

Otras variables presentaron diferencias estadísticas como el diámetro ecuatorial de fruto, donde el mayor fue de 5.35 cm en el tratamiento 3% y menor en el testigo o el grosor de cáscara, ya que el tratamiento 3% mostró el mayor grosor con 0.335 cm y menor en el testigo. El número de fruto por árbol fue de 60 en el tratamiento 3% y menor en el testigo

Al igual que en el estudio realizado en la empresa VEGMA, hay variables cuya hipótesis pudo ser validada estadísticamente y otras cuyo manejo entre bloques o tratamientos no marcó la diferencia. Sin embargo, los resultados obtenidos en el estudio de los autores permitieron validar su hipótesis destacando los beneficios del uso de algas marinas en la producción de limón persa.

Zermeño, A. et al. (2015) Dirigieron su investigación hacia la aplicación de extractos de algas marinas en un cultivo de vid. Su objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación del extracto del alga marina en el contenido de clorofila, intercambio de CO₂, rendimiento y calidad del fruto en Parras, Coahuila el cual se evaluó con un diseño estadístico completamente al azar con tres tratamientos (sin aplicación del extracto, con aplicación solo al suelo y con aplicación al suelo y foliar) y cinco repeticiones en veinte plantas.

En sus resultados reportaron que en todas las fechas de muestreo la aplicación del extracto al suelo y vía foliar resultó en un contenido de clorofila igual o mayor al de la aplicación sólo al suelo y sin aplicación. En cuanto al intercambio neto de CO₂ con la atmósfera, no tuvo efecto alguno. Respecto a la calidad del fruto, la aplicación del bioinsumo no afectó los grados °Brix del jugo; aunque el mayor grado de acidez se obtuvo con la aplicación del extracto solo al suelo y el menor pH con la aplicación al suelo y vía foliar.

Emitir una recomendación única para el productor resulta difícil, pues los resultados de las investigaciones muestran, por un lado, evidencia objetiva de la eficacia agronómica del bioinsumo y, por otro, existen limitantes económicas que condicionan su adquisición.

Si se habla de la eficacia agronómica del bioinsumo, la aplicación del bioestimulante en la Empresa VEGMA generó respuestas fisiológicas inmediatas, particularmente visibles en el cambio de tonalidad del follaje, indicador de una mejora en la actividad fotosintética y en el estado nutricional del cultivo. Asimismo, se observó un incremento en la producción total del bloque tratado respecto al bloque testigo, aun cuando este último presentaba una mayor densidad de árboles en etapa reproductiva.

En cuanto a los parámetros de calidad del fruto, el análisis del peso promedio evidenció una ventaja significativa en los bloques tratados, lo que sugiere un mejor llenado y desarrollo del fruto atribuible al bioinsumo. Respecto a los sólidos solubles totales (°Brix), ambos sectores se mantuvieron dentro del rango aceptable; sin embargo, el bloque tratado mostró mayor uniformidad, mientras que el bloque testigo presentó valores fuera del rango óptimo.

Consideraciones económicas: Si bien los resultados agronómicos confirman la efectividad del bioinsumo, su costo y los gastos asociados a su aplicación representan una limitante para unidades de producción en etapas iniciales, donde la proporción de árboles en fase vegetativa es elevada y el retorno económico es reducido o simplemente no existe.

En términos generales, el bioinsumo constituye una alternativa viable para mejorar parámetros de rendimiento y calidad en limón persa; incluso cuando se aplica en árboles en fase vegetativa, es razonable asumir que contribuye a la formación de estructuras robustas que sostendrán una producción futura de mayor calidad. no obstante, su implementación debe evaluarse bajo un análisis costo-beneficio que considere por una parte la etapa fenológica del cultivo y la productividad por hectárea y por otra, la capacidad financiera del productor.

X CONCLUSIÓN

El bioinsumo a base de algas marinas, genera respuestas fisiológicas en el cultivo como: crecimiento, peso, estado nutricional, mayor capacidad fotosintética y desarrollo radicular entre otras.

Mejora los parámetros de calidad del fruto como peso y grados Brix, además de diámetros polares y ecuatoriales.

Para productores con capacidad de inversión y disposición a esperar un retorno a mediano plazo la aplicación del bioinsumo es recomendable, dado que los beneficios económicos posteriores pueden ser significativos.

La inversión inicial, en huertas con baja productividad (menos de una tonelada anual de limón), resulta elevada, aunque en este escenario contribuirá a preparar árboles con excelente estructura para ciclos productivos futuros.

De acuerdo con la proyección económica realizada, la aplicación del bioinsumo es viable, económicamente hablando, en unidades productivas con un rendimiento mínimo de dos toneladas por hectárea.

En consecuencia, se recomienda concentrar la inversión en huertas con una productividad superior a dos toneladas por hectárea, garantizando así que el capital invertido no solo se recupere sin pérdidas, sino que además genere un ingreso aceptable y sostenible en el mediano plazo.

XI. REFERENCIAS

- AlgaEnergy. (s.f.). Bioestimulantes. Sitio web.
<https://es.algaenergy.com/bioestimulantes-dynamix/>
- Aburto-González, C. A., Castillo-González, A. M., Alejo-Santiago, G., López-Bueno, B. A., Juárez-López, P., López-Guzmán, G. G., & Enciso-Arámbula, R. (2021). Nutrición de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) mediante el enfoque del método racional. *Interciencia*, 46(1), 37–42 En: [NUTRICIÓN DE LIMÓN PERSA \(Citrus latifolia TANAKA\) MEDIANTE EL ENFOQUE DEL MÉTODO RACIONAL](#)
- Aceves, Alicia. (2025, 24 de junio). Agropecuaria VEGMA. [Agropecuaria VEGMA](#)
- Agronoblog. 2025. *Etapas Fenológicas del Limón: Claves para una Producción Exitosa*. Blog de agricultura. En: [Etapas Fenológicas del Limón: Un Marco Estratégico para Optimizar la Producción - AgronoBlog - Blog de agricultura](#)
- Agropedia. (2019, noviembre 11). *Cultivo de microalgas* [Video]. YouTube.
<https://youtu.be/BiK5Z5ohJbQ>
- Ambriz-Cervantes, R., R. Ariza-Flores, I. Alia-Tejacal, A. Gaona-García. 2019. *Bioestimulantes y prácticas para la producción de limón persa en invierno*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. Folleto para productores Núm. 72. 19 p.
- BBC News Mundo. (2020, 20 de febrero). *Las empresas que ganan millones vendiendo pesticidas peligrosos al mundo en desarrollo (y qué país de América Latina es líder mundial en su uso)*.
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-51575375>
- Carbajo Romero, M. S., et al. (2019). *El cultivo de limón: Fenología y principales enfermedades en Tucumán (1ª ed.)*. Ediciones INTA. En [https://www.researchgate.net/publication/335209764 El cultivo de limón fenología y principales enfermedades en Tucuman](https://www.researchgate.net/publication/335209764)
- Casaca, A. s/f. *El cultivo del limón persa*. En Guías tecnológicas de frutas y vegetales, número 6. Secretaría de agricultura y ganadería de Costa Rica.
<https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-limon-persa,-G.pdf>
- Castro, P. (2023). *Producción y calidad de limón persa para exportación después de aplicaciones precosecha de giberelinas* (Tesis de maestría).

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria. En: [content](#)

Cherlinka, V. 2021. *Agricultura Orgánica: Modelo Sostenible Sin Químicos*. Eos Data Analytics. En: <https://eos.com/es/blog/agricultura-organica/#:~:text=Las%20pr%C3%A1cticas%20ecol%C3%B3gicas%20en%20agricultura,las%20especies%20de%20la%20zona>.

Chiaiese P, Corrado G, Colla G, Kyriacou MC y Rouphael Y (2018) *Fuentes renovables de bioestimulación vegetal: las microalgas como medio sostenible para mejorar el rendimiento de los cultivos*. *Frente. Ciencia de las plantas*. 9:1782. doi: 10.3389/fpls.2018.01782 En: [Frontiers | Renewable Sources of Plant Biostimulation: Microalgae as a Sustainable Means to Improve Crop Performance](#)

Díaz Criollo, A., Garay Peralta, I., & Pazos Ricaño, J. Á. (s.f.). *Desarrollo del fruto de limón 'Persa' (Citrus latifolia Tanaka) en Veracruz, México*. En *Resultados de investigación e innovación productiva* (p. 284). Academia.edu. <https://www.academia.edu/108386857>

Dirección General de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (DGSIAP). (2024). *Panorama agroalimentario 2024*. Gob. Mex. <https://panorama.agricultura.gob.mx/vista/productos.php>

Du Jardín, P. (2015). Plant bioestimulants: Definición, concept, main categories and regulación. *Sciencia horticulturae*, 196, 3-14.

Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotechnología Vegetal*, 20(4), 257–282. Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV). eISSN 2074-8647, RNPS: 2154.

Estupiñan, O. 2024. *Respuesta del limón (Citrus aurantiifolia Swingle) a la aplicación de tres bioestimulantes en fase de desarrollo*. Tesis. Universidad estatal del sur de Manabí. En: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6840/1/Estupi%C3%B1an%20Miraba%20Oscar%20Alexy.pdf>

FAO. s/f. *Capítulo 1. Conceptos y temas generales de la agricultura orgánica*. En: [CAPÍTULO 1. CONCEPTOS Y TEMAS GENERALES DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA](#)

FertiLab. s/f. *Psilido asiático de los cítricos*. Consultado el 09 de octubre del 2025 en:

https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/Psilido_asiatico_de_los_citricos.pdf

Franco Valderrama, A. M., Caamal Cauich, I., Pat Fernández, V. G., & Ramírez-Hernández, J. J. (2022). Sustainability of the persian lime production system in Martínez de la Torre, Veracruz. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 19(2), 213–228. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i2.1376>

García Olarte, J. F., Berdeja Arbeu, R., Escobar Hernández, R., Pérez Marroquín, G. J., & Zaldívar Martínez, P. (2023). *Las Aplicaciones de Extractos de Algas en Lima Persa Aumentan Rendimiento y Calidad de Fruto de Exportación*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 10092-10105. En: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7696

INTAGRI. 2018. Clima y Suelo para el Cultivo de Limón Persa. Serie Frutales Núm. 40. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. En: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-limon-persa>

INTAGRI. s/f. Virus de la tristeza en los cítricos. Consultado el 09 de octubre del 2025 en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/virus-de-la-tristeza-de-los-citricos> -

López, B. (2018) *Nutrición de limón Persa (Citrus latifolia Tanaka) mediante el enfoque de balance nutrimental* Tesis que para obtener el título de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Nayarit Posgrado en Ciencias Biológico-Agropecuarias. En: http://192.100.162.123:8080/bitstream/123456789/2302/1/Nutrici%C3%B3n%20de%20lim%C3%B3n%20persa%28Citrus%20latifolia%20Tanaka%29%20mediante%20el%20enfoque%20de%20balance%20nutrimental_compressed.pdf

Manzanilla-Ramírez, M. A., Velázquez-Monreal, J. J., Bermúdez-Guzmán, M. J., García-Mariscal, K. P., Orozco-Santos, M. y Robles-González, M. M. (2018). Manejo integral del cultivo de limón mexicano en un escenario de alta incidencia de HLB. Folleto para productores No. 20 SAGARPA-INIFAPCIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 26 p En: https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/media/folletoproductores/4160_4872_Manejo_Integral_del_cultivo_de_lim%C3%B3n_mexicano_en_un_escenario_de_alta_incidencia_de_HLB.pdf

- Martínez, M. F., Beltrán, H., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2021). *01_MP Lima Tahití – Capítulo I*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/67/50/709-1?inline=1>
- Matthews, S., Siddiqui, Y. y Ali, A. (2024). Liberar el poder de los bioestimulantes para mejorar el crecimiento, la productividad y la calidad de los cultivos: una revisión exhaustiva. *Revista de Nutrición Vegetal*, 48(4), 703–725.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2024.2412736>
- Morton, J. (1987). *Lima de Tahití* (pp. 172–175). En *Frutos de climas cálidos*. Julia F. Morton, Miami, FL.
- Muñoz Lazcano, A. A., Saucedo Veloz, C., García Osorio, C., & Robles González, M. (2011). Evaluación de la calidad y tiempo de almacenamiento del fruto de tres variedades de limón mexicano. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(2), 156–163. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81320900006>
- Olmo, A. s/f. *Etapas fenológicas del cultivo del limón*. Blog Agricultura. Consultado el 07 de septiembre del 2025 en: <https://blogagricultura.com/etapas-fenologicas-limon/>
- Pérez, M. 2022. Microalgas ¿Para qué se usan y cuál es su situación actual? Revista-ECA-FRUITs-nº-16-Marzo-2022-1.pdf. En <https://ecomercioagrario.com/wp-content/uploads/2022/03/Revista-ECA-FRUITs-n%C2%BA-16-Marzo-2022-1.pdf>
- Portal frutícola. 2020 *Guía básica de plagas y enfermedades de los cítricos*. En: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/03/25/guia-basica-de-plagas-y-enfermedades-de-los-citricos/>
- Rodríguez, M. (2002). *Guía Técnica, Cultivo de Limón pérsico*. CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA Y FORESTAL.
[Limón CentaGu™ a.Qx](https://limon.centa.gov.aq)
- Rouphael Y y Colla G (2020) Editorial: Bioestimulantes en la agricultura. *Frente. Ciencia de las plantas*. 11:40. doi: 10.3389/fpls.2020.00040
- Saldaña, A. (1977) *Teoría y práctica del presupuesto por programas en México*. Instituto Nacional de Administración Pública (INAP). En: <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/3/1182/1.pdf>

- Schwentenius R., & Gómez M. (2005). *Limón persa: Tendencias en el mercado mexicano*. Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). En: <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/ace34b59-9b6f-433a-8a14-36a9ea218319/content>
- SEDAR. s/f. *Plagas y enfermedades comunes del limón*. Consultado el 09 de octubre del 2025 en: [https://www.gob.mx/agricultura/articulos/plagas-y-enfermedades-comunes-del-limon#:~:text=Escama%20de%20nieve%20\(Unaspis%20citri,en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20fruta](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/plagas-y-enfermedades-comunes-del-limon#:~:text=Escama%20de%20nieve%20(Unaspis%20citri,en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20fruta)
- Técnico agrícola. es. 28/03/2013. *Estados fenológicos de los cítricos*. <https://www.tecnicoagricola.es/estados-fenologicos-de-los-citricos/>
- Weidmann G., Kilcher L., Garibay S. 2020. IFOAM. Manual de capacitación en Agricultura Orgánica para los Trópicos Áridos y Semiáridos. ISBN: 3-934055-74-5 En: <https://www.ifoam.bio/sites/default/files/2020-08/Training Manual - Organic Agriculture in the Arid and Semi-arid Tropics %28ES%29.pdf>
- Zermeño Gonzalez, Alejandro, López Rodríguez, Blanca R., Melendres Alvarez, Aarón I., Ramírez Rodríguez, Homero, Cárdenas Palomo, José Omar, & Munguía López, Juan P.. (2015). *Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(spe12), 2437-2446. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437&lng=es&tlng=es.

XII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de agua de riego



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Agua de Riego

FOR-PO-01-2
Emisión: 2025-08-04
Revisión: 04



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO SA-1359-044/21

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

Clientessss: Alicia Elena Aoeves Rodríguez
Localización: Sayula, Sayula, Jalisco
Coordenadas: 19.873204208156697, -103.59827065842362
Predio / ID: Rancho Eucalipto / Agua
Emisión: 2025/09/05

Cultivo: Lima Persa
Fuente de Agua: Pozo

FOLIO: AG-28104

Características Generales de Salinidad / Sodicidad										
Determinación	Abreviatura	Unidades	Resultados	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
¹ Cond. Eléctrica	CE	dS/m	0.29							
¹ pH	pH	-	7.44							
¹ Rel. Ads Sodio	RAS	-	0.94							
¹ Rel. Ads Sodio Aj	RASaj	-	0.90							
¹ Dureza*	¶	-	9.18							

Cationes										
Determinación	Abreviatura	Unidades	mg/L	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
² Calcio	Ca	0.74	14.8							
² Magnesio	Mg	1.11	13.5							
² Sodio	Na	0.90	20.7							
² Potasio	K	0.12	4.69							
Suma de Cationes	-	2.87	-							

Aniones										
Determinación	Abreviatura	Unidades	mg/L	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
¹ Sulfatos	S-SO ₄	0.08	1.28							
¹ Bicarbonatos	HCO ₃	2.57	157							
¹ Cloruros	Cl	0.23	8.05							
¹ Carbonatos	CO ₃	0.00	0.00							
¹ Nitratos	N-NO ₃	0.05	0.70							
Suma de Aniones	-	2.93	-							

Determinaciones Especiales										
Determinación	Abreviatura	Unidades	Resultados	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
² Boro	B	mg/L	0.06							
² Hierro	Fe	mg/L	0.0312							
² Manganeso	Mn	mg/L	0.0062							
² Cobre	Cu	mg/L	0.0050							
² Zinc	Zn	mg/L	0.0486							
² Arsénico	As	mg/L	0.0008							

Determinación	¹ Amonio (N-NH ₄)	¹ Fosfatos (P-PO ₄)	¹ Sólidos Totales	¹ Sólidos Disueltos	² Níquel	² Molibdeno	³ Fluoruro
Resultado	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA
Unidades	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L

PND = Pendiente por verificación NA = No analizado ND = Sin datos Niveles de cobre (Cu) superiores de 0.5 ppm pueden ser tóxicos para el cultivo *Dureza del agua va de muy blanda a muy dura



Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción.
 Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial; queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
 El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.
 El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.
 El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

Pág. 1 de 3



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Agua de Riego



FOR-PO-01-2
Emisión: 2025-08-04
Revisión: 04

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FOLIO: AG-28104

Metales pesados			
Determinación-Paquete	Método	Resultados	
		mg/L	
² Arsénico (As)	*	EPA 6010C 2007	< 0.05

PND = Pendiente por verificación ND = Sin datos

¹ Parámetro no acreditado.

² Parámetro analizado de acuerdo con el método interno acreditado MET-PO-13 "Determinación elemental (As,B,Ca,Cu,Fe,K,Mg,Mn,Mo,Na,Ni,P,S,Zn) en muestras de agua de riego y extractos acuosos (obtenidos apartir de planta, composta, solución nutritiva, extracto de pasta y extacto de suelos) por ICP-OES".

³ Parámetro tercerizado.

Anexo 1: Límites de Detección y Límites de Cuantificación para Micronutrientes y Macronutrientes.

Parámetro	Zn	Cu	Mo	Fe	Ni	K	Ca	Na	P	Mg	Mn	B	S	As
LD mg/L	0.016	0.010	0.014	0.062	0.107	5.137	1.288	0.715	0.091	0.030	0.003	0.417	4.723	0.008
LC mg/L	0.050	0.050	0.050	0.250	0.545	145.000	10.000	10.000	10.000	5.000	0.100	1.090	29.000	0.050

Parámetro	Al	Ba	Cd	Co	Cr
LC mg/L	1.00	0.50	0.03	0.03	0.30

Acreditado

MC. David Macedonio Romero

Jefe de laboratorio

Realizado

Ing. Luis Miguel Calzada Rodriguez

Signatario

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción. Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial; queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL. El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio. El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja. El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Agua de Riego



FOR-PO-01-2
Emisión: 2025-08-04
Revisión: 04

COMENTARIOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

FOLIO: AG-28104

Cuadro 1. Caracterización del agua para uso agrícola.

Parámetro *	Resultado	Categoría	Comentarios
pH	7.44	Neutro	pH en la neutralidad. Condición ideal para su uso en la agricultura.
CE	0.2889%	Bajo	Agua muy baja en sales, apta para cualquier cultivo.
RAS	0.34	Bajo	Agua de excelente calidad con respecto al nivel de sodio.
Bicarbonatos (HCO_3)	2.57	Mod. Bajo	Agua con un nivel moderadamente bajo de bicarbonatos que no representan ninguna restricción para su uso agrícola.
Boro (B)	0.06	Muy Bajo	Nivel muy bajo de boro en el agua e insuficiente para suministrar boro al cultivo, por lo que es necesario adicionar boro mediante la fertilización cuando los niveles de boro son bajos en el suelo.
Cloruros (Cl)	0.23	Muy Bajo	Agua con muy bajo nivel de cloro, ideal para el riego de cualquier cultivo.

*CE= Conductividad eléctrica; RAS= Relación de adsorción de sodio. La RAS, bicarbonatos y cloruros se reportan en me/L, mientras que la CE se reporta en dS/m y el B en mg/L (ppm).

El agua analizada presenta una dureza de 9.26 grados franceses (°f), lo que equivale a 92.60 mg de carbonato de calcio equivalente (CaCO_3) por litro de agua, por lo que es categorizada como un agua media, indicando un contenido medio de calcio y magnesio.

La conductividad eléctrica es un indicador del nivel de salinidad en el agua y determina su utilización en la agricultura de acuerdo con el nivel de sales que contiene, sin embargo, existen cultivos extremadamente sensibles a esta propiedad, tales como: fresa, frijol, rosa, zanahoria, cebolla, vid y aguacate, por mencionar algunos; y cuyo rendimiento se podría ver comprometido por el nivel de salinidad o conductividad eléctrica elevada.

El RAS o relación de adsorción de sodio es un indicador de la presencia de sodio en el agua en relación con la concentración de calcio y magnesio, entre más alto sea el contenido de sodio y más bajo sea el contenido de calcio más magnesio, mayor será el RAS. Este parámetro nos indica el riesgo que puede tener un suelo que se irriga con un agua que presente un determinado nivel de RAS. Idealmente las aguas deberían tener un RAS menor de 3.

Entre más alto es el nivel de RAS en el agua, mayor será el requerimiento de la aplicación de una fuente de calcio para eliminar el exceso de sodio que se acumulará en el suelo cuando se riega con un agua alta en RAS. Un alto RAS no necesariamente significa que el agua no se puede utilizar, sino que requiere del uso de una fuente de calcio para que sustituya al sodio y pueda reducir el riesgo de sodificación del suelo.

Observaciones

La relación de adsorción de sodio (RAS) es un indicador de la sodicidad del agua. Cuando este valor es alto, el cultivo realiza mayor esfuerzo para aprovechar el agua del suelo.

Los bicarbonatos interactúan con el calcio y magnesio presente en el agua, ya que cuando son altos pueden precipitarlos e impedir que la planta los aproveche. Esto puede corregirse con el uso de ácidos.

El boro (B) y los cloruros (Cl) pueden generar toxicidad en las plantas en cantidades altas. Los niveles de toxicidad dependen de cada cultivo, sin embargo, la escala del Cuadro 1 permite evaluar su concentración para la mayoría de los cultivos.

Cuadro 2. Aporta nutricional del agua de riego obtenido con los resultados del análisis y considerando una lámina de riego de 30 cm en 1 hectárea (3000 metros cúbicos).

Macronutriente	Aporte (kg/ha)	Micronutriente	Aporte (g/ha)
Nitrógeno (N-NO_3)	2.1	Hierro (Fe)	34
Amonio (N-NH_4)	NA	Zinc (Zn)	146
Fósforo (P-PO_4)	NA	Manganeso (Mn)	19
Potasio (K)	14	Cobre (Cu)	15
Calcio (Ca)	44	Boro (B)	180
Magnesio (Mg)	40	Molibdeno (Mo)	NA
Azufre (S-SO_4)	7.7	Níquel (Ni)	NA

* Elementos no incluidos en el paquete estándar. NA= No aplica.

Nota: Las cantidades de nutrientes que se mencionan en el Cuadro 2 deberán restarse de la dosis de fertilización recomendada si se aplican láminas de riego de 30 cm por hectárea. Si las láminas de riego son superiores de 30 cm deberán realizarse los ajustes correspondientes.

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción. Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial; queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL. El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio. El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja. El derecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

Anexo 2. Fertilidad de suelo uno



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Fertilidad de Suelo

FOR-PO-01
Emisión: 2025-08-04
Revisión: 06

 **ema**
LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO SA-1359-044/21

 **NIST**
Accredited for 2025

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FOLIO: SU-265152

Productor: Salvador Sandoval Vuelvas
Correo Productor: NA
Localización muestra: Sayula, Sayula, Jalisco
Coordenadas: 19.8731983, -103.5984805
Predio / ID: Rancho Eucalipto / Fertilidad De Suelo
Cliente: asuncin zarate
Correo Cliente: marcohdezorozco@gmail.com

Tipo de agricultura: Riego
Cultivo a Establecer: Lima Persa
Prof. Muestra: 0-30 cm
Peso Muestra: 2470 g
Fecha de recepción: 2025/08/05
Fecha de ejecución: 2025/08/11
Fecha de emisión: 2025/08/12

Propiedades Físicas del Suelo

Clase Textural	Franco Arcillo Arenoso
¹ Punto de Saturación	32.0 % Mediano
¹ Capacidad de Campo	16.9 % Mediano
¹ Punto March. Perm.	10.1 % Mediano
¹ Cond. Hidráulica	6.20 cm/hr Alto
¹ Dens. Aparente	1.16 g/cm³

pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado

¹ pH (1:2 agua)	7.90	Mod. alcalino
¹ pH Buffer	NA	
¹ Carbonatos Totales (%)	0.83 %	Muy Bajo
¹ Salinidad (CE Extracto)	1.23 dS/m	Mod. Bajo
Requerimiento de Yeso	0.90 **	Ton/Ha
Requerimiento de Cal	No Requiere	

⁴ Fertilidad del Suelo

Det.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
¹ MO	1.86	% (p/p)						
¹ P-Bray	46.0	mg/kg						
² K	568	mg/kg						
² Ca	2871	mg/kg						
² Mg	228	mg/kg						
² Na *	287	mg/kg						
² Fe	4.81	mg/kg						
² Zn	0.44	mg/kg						
² Mn	6.58	mg/kg						
² Cu	0.70	mg/kg						
¹ B	1.91	mg/kg						
¹ S	59.8	mg/kg						
¹ N-NO3	6.60	mg/kg						

Relación entre cationes (Basadas en meq/100g)

Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg
Resultados	9.86	1.30	11.2	7.61
Interpretación	Bajo	Bajo	Bajo	Alto

⁴ Cationes Intercambiables

Porcentaje de saturación de bases

	Muy Bajo	Bajo	Medio	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
% Sat	75.7	9.89	7.67	6.61	NA	NA
meq/100g	14.3	1.87	1.45	1.25	NA	NA
Cation	² Ca	² Mg	² K	² Na*	¹ Al*	¹ H*

Relación entre cationes (Basadas en meq/100g)

Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg
Resultados	9.86	1.30	11.2	7.61
Interpretación	Bajo	Bajo	Bajo	Alto

Es deseable que estos elementos tengan un bajo contenido

PND = Pendiente por verificar NA = No analizado ND = Sin datos

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción.
Este documento es un informe preliminar y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.
El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.
El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

Pág.1 de 2



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Fertilidad de Suelo



FOR-PO-01
Emisión: 2025-08-04
Revisión: 06

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

FOLIO: SU-265152

- 1 Parámetro no acreditado.
- 2 Resultado reportado de acuerdo al método acreditado determinación de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) en suelo por extracción con acetato de amonio por ICP-PLASMA. Método interno MET-SU-45.
- 3 Resultado reportado de acuerdo al método acreditado determinación de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn) en suelo por extracción con DTPA y Sorbitol por ICP-PLASMA. Método interno MET-SU-46.
- 4 Escala de interpretación de acuerdo al manual de interpretación de análisis de suelos y aguas con ISBN:03-2015-042709572100-01
- 5 Parámetro tereorizado

Interpretación Resumida del Diagnóstico de la Fertilidad del Suelo

Anexo 1: Límites de Detección y Límites de Cuantificación para Micronutrientes y Macronutrientes.

Parámetro	Ca	Mg	Na	K	Cu	Fe	Mn	Zn
LD mg/kg	21.8	8.6	4.5	4.5	0.02	0.23	0.19	0.06
LC mg/kg	500.0	50.0	25.0	50.0	0.10	0.75	0.75	0.25

Parámetro	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Ni	As
LC mg/kg	50.00	25.00	1.50	1.50	15.00	12.50	2.50

Aprobó

MC. David Maldonado Romero
Jefe de laboratorio

Prescribió

Juan Carlos García Rodríguez
Signatario

Prescribió

Araceli Deyanira Rivera Camacho
Signatario

Prescribió

Ing. Brenda Seleno Ramirez
Signatario

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción.
(Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial); queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.
El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.
El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá emitir la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

Fertilidad de suelo dos



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Fertilidad de Suelo



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO FOLIO: SU-270362

Productor:	Alicia Elena Aoeves Rodríguez	Tipo de agricultura:	NA
Correo Productor:	NA	Cultivo a Establecer:	No proporciono
Localización muestra:	Sayula, Sayula, Jalisco	Prof. Muestra:	0-30 cm
Coordenadas:	ND, ND	Peso Muestra:	2168 g
Predio / ID:	Rancho Eucalipto / Rancho Eucalipto	Fecha de recepción:	2025/12/08
Cliente:	Alicia Elena Aoeves Rodríguez	Fecha de ejecución:	2025/12/09
Correo Cliente:	aoevesalicia10@gmail.com	Fecha de emisión:	2025/12/10

Propiedades Físicas del Suelo				pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado			
Clase Textural	Franco			¹ pH (1.2 agua)	8.08	Alcalino	
¹ Punto de Saturación	42.2	%	Mod. Alto	¹ pH Buffer	NA		
¹ Capacidad de Campo	22.5	%	Mod. Alto	¹ Carbonatos Totales (%)	4.79	%	Bajo
¹ Punto March. Perm.	13.4	%	Mod. Alto	¹ Salinidad (CE Extracto)	0.53	dS/m	Bajo
¹ Cond. Hidráulica	3.00	cm/hr	Mod. Bajo	Requerimiento de Yeso	No Requiere		
¹ Dens. Aparente	1.16	g/cm ³		Requerimiento de Cal	No Requiere		

Fertilidad del Suelo										Cationes Intercambiables							
Det.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto	Porcentaje de saturación de bases							
¹ MO	1.47	% (p/p)								Muy Alto							
¹ P-Bray	1.75	mg/kg								Alto							
² K	294	mg/kg								Mod. Alto							
² Ca	4823	mg/kg								Medio							
² Mg	362	mg/kg								Mod. Bajo							
² Na*	28.2	mg/kg								Bajo							
² Fe	<8	mg/kg								Muy Bajo							
² Zn	<0.6	mg/kg								% Sat	85.6	11.0	2.78	0.44	NA	NA	
² Mn	<4	mg/kg								meq/100g	23.1	2.98	0.75	0.12	NA	NA	27.0
² Cu	1.27	mg/kg								Cación	² Ca	² Mg	² K	² Na*	¹ Al*	¹ H*	CIC
¹ B	0.04	mg/kg															
¹ S	6.66	mg/kg															
¹ N-NO3	5.70	mg/kg															

Relación entre cationes (Basadas en meq/100g)				
Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg
Resultados	30.8	3.97	34.8	7.75
Interpretación	Muy Alto	Alto	Alto	Alto

* Es deseable que estos elementos tengan un bajo contenido

PND = Pendiente por verificar NA = No analizado ND = Sin datos

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción.
Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
El cliente tendrá 15 días naturales para recibir y presentar quejas o dudas sobre el servicio.
El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.
El derecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Fertilidad de Suelo



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

FOLIO: SU-270362

1 Parámetro no acreditado.

2 Resultado reportado de acuerdo al método acreditado determinación de bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K) en suelo por extracción con acetato de amonio por ICP-PLASMA. Método interno MET-SU-45.

3 Resultado reportado de acuerdo al método acreditado determinación de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn) en suelo por extracción con DTPA y Sorbitol por ICP-PLASMA. Método interno MET-SU-46.

4 Escala de interpretación de acuerdo al manual de interpretación de análisis de suelos y aguas con ISBN:03-2015-042709572100-01

5 Parámetro teroerizado

Interpretación Resumida del Diagnóstico de la Fertilidad del Suelo

Anexo 1: Límites de Detección y Límites de Cuantificación para Micronutrientes y Macronutrientes.

Parámetro	Ca	Mg	Na	K	Cu	Fe	Mn	Zn
LD mg/kg	21.8	8.6	4.5	4.5	0.02	0.23	0.19	0.06
LC mg/kg	500.0	50.0	25.0	50.0	0.40	6.00	4.00	0.60

Parámetro	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Ni	As
LC mg/kg	50.00	25.00	1.00	1.50	15.00	12.50	2.50

Acreditado

MC. David Macdonado Romero
Jefe de laboratorio

Presabido

Ing. Juan Carlos García Rodríguez
Solicitante

Presabido

Ing. Andrea Degracia Rivera Cornejo
Solicitante

Presabido

Ing. Brenda Segura Ramírez
Solicitante

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción.
Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial; queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.
El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.
El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

ANEXO 3.

Análisis de tejido vegetal uno



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Tejido Vegetal



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS						FOLIO: PL-78516	
Cliente:	Alicia Elena Aceves Rodríguez			Cultivo:	Lima Persa		
Localización:	Sayula, Sayula, Jalisco			Edad (DDS):	2,920		
Coordenadas:	19.895379, -103.4887718			Organo de Muestreo:	Hoja		
Predio / ID:	Rancho Eucalipto / Foliar			Etapas Fenológicas:	En producción		
Emisión:	2025/08/12			Referencia:	Floración		
Macronutrientes							
Muy Alto							
Alto							
Suficiente							
Bajo							
Muy Bajo							
Nutriente	¹ Nitrógeno Dumas (N)	² Fósforo (P)	² Potasio (K)	² Calcio (Ca)	² Magnesio (Mg)	² Azufre (S)	² Sodio (Na)
Resultado % (p/p)	1.21	0.14	1.61	2.70	0.19	0.14	90.18 mg/kg
Suficiencia	2.40 - 3.00	0.15 - 0.50	1.60 - 2.50	1.50 - 5.00	0.25 - 1.00	0.15 - 0.50	
Micronutrientes							
Muy Alto							
Alto							
Suficiente							
Bajo							
Muy Bajo							
Nutriente	² Hierro (Fe)	² Zinc (Zn)	² Manganeso (Mn)	² Cobre (Cu)	² Boro (B)	² Molibdeno (Mo)	
Resultado mg/kg	37.58	7.85	16.65	4.05	46.95	0.62	
Suficiencia	60.0 - 150	20.0 - 100	20.0 - 90.0	5.00 - 30.0	30.0 - 100		
Determinación	¹ Peso Fresco	¹ Peso Seco	¹ Humedad	¹ Nitrógeno Kjeldahl	¹ Nitratos (N-NO ₃)	¹ Amonio (N-NH ₄)	¹ Cloro
Resultado	40	NA	NA	NA	NA	<50	NA
Unidad	g	g	% (p/p)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
							² Arsénico
							mg/kg

PND = Pendiente por verificación NA = No analizado ND = Sin datos

Nota: 1 % (P/P) = 10000 mg/kg

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción.
Este documento es un informe preliminar y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.
El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.
El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de seguridad y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.
Los rangos de suficiencia nutricional utilizados en el presente reporte provienen de valores publicados en la literatura y debe utilizarse solo como referencia para evaluar el estado nutricional del cultivo, ya que no incluyen todas las variedades e híbridos que existen actualmente.



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Tejido Vegetal



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

FOLIO: PL-78516

¹Parámetro no acreditado.

²Parámetro analizado de acuerdo con el método interno acreditado MET-PO-13 "Determinación elemental (As,B,Ca,Cu,Fe,K,Mg,Mn,Mo,Na,Ni,P,S,Zn) en muestras de agua de riego y extractos acuosos (obtenidos apartir de planta, composta, solución nutritiva, extracto de pasta y extacto de suelos) por ICP-OES)".

³Parámetro teorizado.

Anexo 1: Límites de Detección y Límites de Cuantificación para Micronutrientes y Macronutrientes.

Parámetro	Zn	Cu	Mo	Fe	Ni	K	Ca	Na	P	Mg	Mn	B	S	As
LD mg/kg	0.8	0.5	0.7	3.1	5.4	256.9	84.4	35.8	4.6	1.5	0.1	20.9	236.2	0.4
LC mg/kg	2.5	2.5	2.5	12.5	27.3	7250	500	500	500	250	5	54.5	1450	2.5

Parámetro	Al	Ba	Cd	Co	Cr
LC mg/kg	50.00	25.00	1.50	1.50	15.00

Acreditó

MC. David Macedonio Romero

Jefe de laboratorio

Realizó

Ing. Luis Miguel Cañedo Rodríguez

Signatario

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción. Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.

El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.

El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.

El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de riego y deberá emitir la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

Los rangos de suficiencia nutricional utilizados en el presente reporte provienen de valores publicados en la literatura y debe utilizarse solo como referente para evaluar el estado nutricional del cultivo, ya que no incluyen todas las variedades e híbridos que existen actualmente.

Análisis de tejido vegetal dos



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Tejido Vegetal



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS FOLIO: PL-81785

Cliete:	Alicia Elena Aceves Rodríguez	Cultivo:	Lima Persa
Localización:	Sayula, Sayula, Jalisco	Edad (DDS):	1825
Coordenadas:	19.8871054, -103.6008342	Organo de Muestreo:	Hoja
Predio / ID:	Rancho Eucalipto / Hojas	Etapas Fenológicas:	Vegetativa-floracion
Emisión:	2025/12/10	Referencia:	Floracion

Macronutrientes							
Muy Alto							
Alto							
Suficiente							
Bajo							
Muy Bajo							
Nutriente	¹ Nitrógeno Dumas (N)	² Fósforo (P)	² Potasio (K)	² Calcio (Ca)	² Magnesio (Mg)	² Azufre (S)	² Sodio (Na)
Resultado % (p/p)	1.97	0.19	1.89	2.77	0.20	0.17	125 mg/kg
Suficiencia	2.40 - 3.00	0.15 - 0.50	1.80 - 2.50	1.50 - 5.00	0.25 - 1.00	0.15 - 0.50	

Micronutrientes						
Muy Alto						
Alto						
Suficiente						
Bajo						
Muy Bajo						
Nutriente	² Hierro (Fe)	² Zinc (Zn)	² Manganeso (Mn)	² Cobre (Cu)	² Boro (B)	² Molibdeno (Mo)
Resultado mg/kg	53.88	51.05	20.87	5.73	45.46	0.46
Suficiencia	60.0 - 150	20.0 - 100	20.0 - 90.0	5.00 - 30.0	30.0 - 100	

Determinación	¹ Peso Fresco	¹ Peso Seco	¹ Humedad	¹ Nitrógeno Metabolizado	¹ Nitratos (N-NO ₃)	¹ Amonio (N-NH ₄)	¹ Cloro	² Níquel	² Arsénico
Resultado	41	NA	NA	NA	NA	<50	NA	0.40	NA
Unidad	g	g	% (p/p)	% (p/p)	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg

PND = Pendiente por verificación NA = No analizado ND = Sin datos

Nota: 1 % (P/P) = 10000 mg/kg

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción. Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL. El cliente tendrá 15 días hábiles para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio. El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja. El derecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de resguardo y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones. Los rangos de suficiencia nutricional utilizados en el presente reporte provienen de valores publicados en la literatura y debe utilizarse solo como referencia para evaluar el estado nutricional del cultivo, ya que no incluyen todas las variedades e híbridos que existen actualmente.



FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Tejido Vegetal



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

FOLIO: PL-81785

¹Parámetro no acreditado.

²Parámetro analizado de acuerdo con el método interno acreditado MET-PO-13 "Determinación elemental (As,B,Ca,Cu,Fe,K,Mg,Mn,Mo,Na,Ni,P,S,Zn) en muestras de agua de riego y extractos acuosos (obtenidos apartir de planta, composta, solución nutritiva, extracto de pasta y extracto de suelos) por ICP-OES".

³Parámetro tercerizado.

Anexo 1: Límites de Detección y Límites de Cuantificación para Micronutrientes y Macronutrientes.

Parámetro	Zn	Cu	Mo	Fe	Ni	K	Ca	Na	P	Mg	Mn	B	S	As
LD mg/kg	0.8	0.6	0.7	3.1	5.4	256.9	64.4	62.3	4.6	1.5	0.1	20.9	236.2	0.4
LC mg/kg	2.5	2.5	2.5	12.5	27.3	7250	500	500	500	250	5	54.5	1450	2.5

Parámetro	Al	Ba	Cd	Co	Cr
LC mg/kg	50.00	25.00	1.00	1.50	15.00

Aprobó

MC. David Marcondado Romeros

Revisó

Ing. Luis Miguel Cofre Morales

Jefe de laboratorio

Fertilab garantiza únicamente los resultados de la muestra tal cual como fue recibida en el laboratorio, por lo que se deslinda de toda manipulación previa a su recepción.

Este documento se encuentra protegido y registrado ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial, queda prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.

El cliente tendrá 15 días naturales para revisar y presentar quejas o dudas sobre el servicio.

El tiempo de respuesta para quejas o dudas será de máximo 24 horas para primer acercamiento que Calidad tiene con el cliente y notificar que ya se está trabajando o investigando en su queja.

El desecho de muestras se realiza 15 días hábiles después de la entrega de resultados. El cliente puede solicitar la devolución de su muestra de seguimiento y deberá enviar la guía para recolección antes del tiempo de desecho, FERTILAB se hace responsable de la integridad de la muestra mientras se encuentre en sus instalaciones.

Los rangos de suficiencia nutricional utilizados en el presente reporte provienen de valores publicados en la literatura y debe utilizarse solo como referente para evaluar el estado nutricional del cultivo, ya que no incluyen todas las variedades e híbridos que existen actualmente.

ANEXO 4.

Ficha técnica de Nutrenza foliar



A solution by


Nutrenza® Foliar es un bioestimulante agrícola de alta calidad obtenido a partir de microalgas. Todos los nutrientes contenidos en Nutrenza® Foliar son de gran biodisponibilidad, por lo que se produce una rápida penetración de todos ellos a través de los tejidos de la planta. Dichos compuestos naturales favorecen además la incorporación de otros nutrientes presentes en el exterior debido a la formación de complejos.





SOLUCIÓN ESPECÍFICA:

- Rápida asimilación del producto
- Mayor vigor, desarrollo e incremento de la capacidad fotosintética
- Respuesta rápida frente a estrés abiótico
- Capacidad mojante y efecto carrier

Presentaciones disponibles

1l 5l 20l

Formato:



Líquido

Aplicación:



Foliar

Tecnología:



Microalgas

Modo de empleo y dosis recomendada

Cultivo	Dosis [L/ha]	Aplicaciones recomendadas
Solanaceae, Cucurbitaceae y Alliaceae	1.0 a 2.0	Realizar 3 aplicaciones, Desarrollo vegetativo y etapa reproductiva de los cultivos
Aplacaeae y Brassicaceae	1.0 a 2.0	Realizar 3 aplicaciones, Desarrollo vegetativo y etapa reproductiva de los cultivos
Chenopodiaceae, Ullúceae, Ornamentales	1.0 a 2.0	Realizar 3 aplicaciones, Desarrollo vegetativo y etapa reproductiva de los cultivos
Rodóceae, Passifloraceae, Rutáceae, Rubiaceae, Anacardiaceae, Bromeliaceae, Musáceae, Caricaceae, Ericaceae, Juglandaceae, Larúceae, Oxalidaceae, Malvaceae, Mirtáceae	1.0 a 2.0	Realizar 3 aplicaciones, Desarrollo vegetativo y etapa reproductiva de los cultivos
Fabaceae, Amarantaceae, Podáceae y Pedaliaceae	1.0 a 2.0	Realizar 3 aplicaciones, Desarrollo vegetativo y etapa reproductiva de los cultivos

* Las dosis indicadas son orientativas



Nutrenza® Foliar ha sido elaborado con la tecnología UPT®, una tecnología desarrollada en exclusiva por AlgaEnergy que permite, a partir de una materia prima de altísima calidad -las microalgas-, obtener un bioestimulante agrícola con todas las propiedades originales de la materia prima intactas. El concepto UPT® recoge un conocimiento, una tecnología y una serie de protocolos que se aplican en toda la cadena de valor, controlando el proceso estrictamente y en todo momento.



Representante oficial: **WalAget®**
Agro Community

COMPOSICIÓN

Péptidos
Fito hormonas
L-Aminoácidos
Ácidos grasos
Vitaminas
Macro y Micronutrientes
Pigmentos y carotenoides
Poli sacáridos
Poli aminas

SOLUCIONES Y EFECTOS

Incremento en la producción

- Una mejor absorción de los nutrientes por parte de la planta activando los genes relacionados con la asimilación
- Una movilización de los nutrientes en el suelo, haciéndolos más biodisponibles, en particular al P y N

Optimización de los parámetros de calidad

- Incremento en rendimiento y calidad
- Estimulación del sistema de defensa de la planta
- Prolongación de la vida útil del fruto
- Aumento en variables cualitativas determinantes (p.ej. grados brix, lípidos, Alfa-Ácidos, licopeno, compuestos antioxidantes, etc.)
- Anticipación en el desarrollo fenológico

Una mejor resistencia y recuperación frente a situaciones de estrés

Preventivo:

- Estimulación de la defensa frente a estrés abióticos reduciendo las pérdidas por dañío
- Rápida activación de la resistencia sistémica, tras dos horas desde la aplicación del producto
- Activación de genes relacionados con la sequía y temperaturas extremas
- Mejor retención del agua dentro de la planta y mejor equilibrio térmico

Terapéutico:

- Impulso de la recuperación de la planta tras el letargo provocado por un estrés abiótico, acelerando la reactivación de su metabolismo
- Respuesta a la deshidratación celular gracias a la acción de osmorreguladores
- Estimulación de la regeneración de tejidos dañados tras un estrés mecánico

© AlgaEnergy, 2024. Todos los derechos reservados.

Giberelinas naturales derivadas de microalgas	400 ppm
	% en peso
Materia orgánica	10.00
C orgánico	6.00
Aminoácidos totales	6.00
N total	1.50
P ₂ O ₅	0.50
K ₂ O	0.50
Conductividad eléctrica	20.0 dS/m
pH	3.6

Ácido glutámico
Leucina
Alanina
Valina
Lisina
Iso leucina
Treonina
Serina
Histidina
Asparagina
Glicina
Fenilalanina
Triptófano
Metionina
Ácido aspártico
Arginina
Tirosina
Prolina
Cisteína
Glutamina



ANEXO 5.

Bitácora

Producto	FAENA
Fecha de inicio de aplicaciones	26 de agosto del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Una aplicación: Se utiliza por la urgencia de aplicar otros productos al cultivo y la necesidad de mantener limpias las parcelas de análisis y testigo para su mejor control.
Fecha de aplicación	26 de agosto del 2025
Hora de aplicación	9:00 a.m.
Forma de aplicación	Foliar sobre la maleza, con equipo de protección y usando una boquilla de abanico plano
Cantidad aplicada	2 Lt diluidos en 200 Lt de agua, para las dos parcelas (análisis y testigo)
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Desarrollo vegetativo y reproductivo.
Sugerencias y recomendaciones	Después de aplicar: Evitar el contacto con cualquier tejido verde del cultivo. Reingresar al área tratada 4 horas después de la aplicación, Almacenamiento en su envase original bien cerrado en un lugar fresco, seco, bien ventilado y alejado de alimentos.
Programa de aplicaciones	
Aplicación	1ª
Fecha	26/08/25
Realizado (Si/No)	Sí
Aplicó (Nombre)	Daniel y Jorge

Resultados observados: Ese mismo día la maleza se marchitó, durante tres días presentó amarillamiento y paulatinamente, se fue secando.

Recomendaciones: En lo sucesivo, mantener limpias las parcelas utilizando métodos naturales para reducir el daño que pueda causar al suelo el uso de productos químicos.

BITÁCORA

Producto	YARA COMPLEX	
Fecha de inicio de aplicaciones	01 de septiembre del 2025	
Régimen de aplicaciones recomendadas	Dos aplicaciones: la primera con carácter de urgente debido a las condiciones del suelo y del cultivo y la segunda en etapa de fructificación, según requerimientos nutricionales.	
Fecha de aplicación	01 de septiembre del 2025	
Hora de aplicación	9:00 a.m.	
Forma de aplicación	Granulado alrededor del árbol	
Cantidad aplicada	350 grm. por árbol, fertilización al cajete (en ambos sectores de la tabla tres para igualar condiciones.)	
Cultivo	Citrus latifolia (Limón Persa)	
Etapa de aplicación	Desarrollo vegetativo y amarre.	
Sugerencias y recomendaciones	No omitir la segunda aplicación en etapa de fructificación, ya que el cultivo requiere una nutrición continua para alcanzar su potencial productivo. Considerar complementar el tratamiento con quelatos de hierro y zinc si persiste la sintomatología de deficiencia	
Programa de aplicaciones		
Aplicación	1ª	2ª
Fecha	01/09/25	Fructificación
Realizado (Si/No)	Sí	
Aplicó (Nombre)	Alicia.	

Resultados observados: De acuerdo con previo análisis foliar, existen serias deficiencias de Nitrógeno, Hierro y Zinc.

Recomendaciones: Documentar visualmente la evolución del follaje mediante fotografías secuenciales que permitan evaluar el cambio en la coloración y vigor de las hojas.

BITÁCORA

Producto	CAPTÁN, GROGREEN 20-30, BIOGIP		
Fecha de inicio de aplicaciones	03 de septiembre del 2025		
Régimen de aplicaciones recomendadas	Una aplicación con carácter de urgente y una segunda sólo en caso necesario, después de 30 días de aplicada la primera.		
Fecha de aplicación	03 de septiembre del 2025		
Hora de aplicación	9:00 a.m. a 10 a.m.		
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual		
Cantidad aplicada	1 Kg de Captán, 1 Kg de Grogreen 20-30, 10 grm de biogib. (En ambos sectores de la tabla tres para igualar condiciones.)		
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)		
Etapas de aplicación	Desarrollo vegetativo y amarre.		
Sugerencias y recomendaciones	Además del nitrógeno, fósforo y potasio contenido en el Grogreen 20-30, considerar complementar el tratamiento con quelatos de hierro y zinc si persiste la sintomatología de deficiencia		
Programa de aplicaciones			
Aplicación	1ª	2ª	
Fecha	03/09/25	Sólo si es necesaria	
Realizado (Si/No)	Sí		
Aplicó (Nombre)	Alicia, Jorge y Daniel		

Resultados observados: Por el aspecto del cultivo y los resultados del análisis foliar realizado, existen severas deficiencias de Nitrógeno, Hierro y Zinc.

Recomendaciones: Documentar visualmente la evolución del cultivo para evaluar el cambio en la coloración y vigor de las hojas y el árbol.

BITÁCORA

Producto	PREVICUR ENERGY, ENRAIZADOR, ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS
Fecha de inicio de aplicaciones	05 de septiembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Dos aplicaciones con un mes de diferencia.
Fecha de aplicación	05 de septiembre del 2025.
Hora de aplicación	8:30 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Drench mediante mochilas manuales.
Cantidad aplicada	300 mL de Previcur energy, un kilo de enraizador, 2 Lt de ácidos húmicos y fúlvicos, 200 Lt de agua. Aplicación 1 Lt por árbol (en ambos sectores de la tabla 3 para igualar condiciones.)
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	<u>Previcur es un fungicida que se recomienda para el control de hongosomicetos como la Phytophthora que puede causar el marchitamiento y muerte del árbol.</u>
Programa de aplicaciones	

Aplicación	1ª	2ª
Fecha	05/09/25	06/10/25
Realizado (Si/No)	Sí	No
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	

Resultados observados: Se detectó una coloración amarillenta generalizada en los árboles de limón, posiblemente asociada a la presencia del hongo *Phytophthora*. Esta fitopatología puede provocar: a) Podredumbre de raíces y cuello, b) Clorosis foliar, c) Defoliación, d) Secado de ramas y e) Muerte progresiva del árbol.

Recomendaciones: Realizar monitoreos continuos para observar cambios en la coloración de las hojas. Retirar ramas muertas para evitar la propagación de enfermedades. Evaluar la eficacia del tratamiento en la segunda aplicación.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	09 de septiembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	09 de septiembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	<i>Etapas vegetativa y reproductiva</i>
Sugerencias y recomendaciones	<u>Verificar constantemente la aparición de plagas que puedan dañar el cultivo, se observa la existencia de gusano minador y escama verde, hay algo de fumagina lo que sugiere la presencia de mosca blanca. En caso de aumento de población de estos, aplicación de un producto preventivo para el control de los mismos.</u>

Programa de aplicaciones						
Aplicación	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
Fecha	09/09/25	16/09/25	23/09/25	30/09/25	07/10/25	14/10/25
Realizado (Si/No)	Sí					
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco					

Resultados observados: Se detecta amarillamiento generalizado en las hojas, lo cual puede estar asociado a deficiencias nutricionales (hierro y nitrógeno), presencia de gallina ciega (*Phyllophaga spp.*), o condiciones edáficas desfavorables (pH del suelo: 7.9, moderadamente alcalino)

Recomendaciones: Verificar de forma continua la presencia de plagas que puedan provocar amarillamiento foliar o caída prematura de frutos. Complementar el tratamiento con quelatos de hierro, fertilizantes nitrogenados, y Beauveria bassiana para el control biológico de gallina ciega.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	09 de septiembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	16 de septiembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	<i>Etapas vegetativa y reproductiva</i>
Sugerencias y recomendaciones	<u>Chequeo constante de las plagas ya detectadas para evitar medidas correctivas.</u>

Programa de aplicaciones						
Aplicación	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
Fecha	09/09/25	16/09/25	23/09/25	30/09/25	07/10/25	14/10/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí				
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco				

Resultados observados: El color amarillo cede un poco, lo que indica el efecto positivo de la aplicación de nutrientes al suelo y al tejido foliar de los árboles, también a la aplicación de este bioinsumo ya que el amarillamiento persiste en la tabla testigo.

Recomendaciones: Prestar especial atención a la presencia de plagas que provoquen amarillamiento foliar o caída prematura de frutos para descartar que sea provocado por falta de nutrientes.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	09 de septiembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	23 de septiembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	<i>Etapas vegetativa y reproductiva</i>
Sugerencias y recomendaciones	<i>Ante el descubrimiento de plaga de gallina ciega al descubrir los cajetes de los árboles se sugiere la aplicación de Imidacloprid por drench, un litro por árbol.</i>

Programa de aplicaciones						
Aplicación	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
Fecha	09/09/25	16/09/25	23/09/25	30/09/25	07/10/25	14/10/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí	Sí			
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco			

Resultados observados: Aún cuando el color amarillo se va tornando verde, se considera que el efecto de la gallina ciega en los árboles es causa del amarillamiento foliar, y aunque el bioinsumo muestra efectos positivos, es urgente el control de la plaga.

Recomendaciones: Aplicar Imidacloprid por drench en ambos sectores para el control de gallina ciega.

BITÁCORA

Producto	IMIDACLOPRID
Fecha de inicio de aplicaciones	25 de septiembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Una aplicación para control de gallina ciega
Fecha de aplicación	25 de septiembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aplicación por drench mediante mochilas de motor y manual 1 litro por árbol.
Cantidad aplicada	Un litro de Imidacloprid diluido en 200 Lt de agua, aplicado en ambos sectores de la tabla tres.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Revisión periódica, semanal para control de gallina ciega.

Aplicación	1ª
Fecha	25/09/25
Realizado (Si/No)	Sí
Aplicó (Nombre)	Daniel, Marco

Resultados observados: El producto utilizado para el control de *Phyllophaga* spp. no mostró eficacia ya que se continúa detectando una alta presencia de (gallina ciega) en los cajetes de los árboles, lo cual incide en el tono amarillo del follaje, deterioro del sistema radicular y marchitamiento de la planta.

Recomendaciones: Aplicar otro insecticida para control de gallina ciega.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	09 de septiembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	30 de septiembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	<i>Etapas vegetativa y reproductiva</i>
Sugerencias y recomendaciones	<i>Atender urgentemente la nueva plaga que aparece en los árboles y causa defoliación y pérdida de brotes tiernos.</i>

Programa de aplicaciones						
Aplicación	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
Fecha	09/09/25	16/09/25	23/09/25	30/09/25	07/10/25	14/10/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí	Sí	Sí		
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco		

Resultados observados: Se ha identificado una diferencia significativa en la coloración foliar entre los árboles del sector sur y los de la parcela testigo. El follaje del sector sur presenta un tono verde claro, mientras que los árboles del sector testigo continúan mostrando síntomas de amarillamiento. Dado que ambos sectores han recibido los mismos tratamientos fitosanitarios y nutricionales, con excepción de la aplicación del bioinsumo a base de algas marinas en el sector sur, se atribuye a dicho producto el cambio positivo en la coloración foliar observado en los árboles tratados.

Recomendaciones: Se recomienda realizar una aplicación foliar de Imidacloprid en ambos sectores de la tabla tres, con el objetivo de controlar la alta incidencia de insectos masticadores, específicamente grillos, bushgrillos, chapulines, saltamontes y langostas, que están afectando el cultivo de limón. Debido a la elevada presión poblacional de estas plagas, se sugiere el uso de este producto de síntesis química, ya que el empleo de alternativas orgánicas podría resultar insuficiente y permitir una rápida reinfestación de la plantación.

BITÁCORA

Producto	IMIDACLOPRID
Fecha de inicio de aplicaciones	02 de octubre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Una aplicación para control de plaga masticadora y chupadora de lámina foliar
Fecha de aplicación	02 de octubre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	1 Lt de Imidacloprid diluido en 200 Lt de agua, aplicado en ambos sectores.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Monitoreo semanal de plaga en árboles

Aplicación	1ª
Fecha	02/10/25
Realizado (Si/No)	Sí
Aplicó (Nombre)	Daniel, Marco

Resultados observados: A menos de una semana de aplicación del producto, se sigue observando alta incidencia de insectos masticadores; grillos, bushgrillos, chapulines, saltamontes y langostas, que están afectando el cultivo de limón.

Recomendaciones: Debido a la elevada presión poblacional de estas plagas, se sugiere el uso de Aceite de Neem, producto orgánico para repeler la rápida infestación del cultivo.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	09 de septiembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	07 de octubre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	<i>Etapas vegetativa y reproductiva</i>
Sugerencias y recomendaciones	<i>Aplicar un nuevo producto debido a la persistencia de la gallina ciega.</i>

Programa de aplicaciones						
Aplicación	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
Fecha	09/09/25	16/09/25	23/09/25	30/09/25	07/10/25	14/10/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	

Resultados observados: Se ha registrado un cambio notable en la coloración foliar de los árboles del sector sur en comparación con los del sector norte. Asimismo, se observa la aparición de renuevos en las ramas, así como una floración destacada, incluso en árboles que anteriormente no habían entrado en etapa reproductiva. Esta floración se presenta de forma multifloral, lo que sugiere una respuesta fisiológica estimulada por el tratamiento aplicado.

Por otro lado, el producto utilizado para el control de *Phyllophaga* spp. (gallina ciega) no ha mostrado la eficacia esperada, ya que se continúa detectando una alta presencia de larvas en los cajetes de los árboles, lo cual representa un riesgo para el sistema radicular y el desarrollo general del cultivo.

Recomendaciones: Se recomienda la aplicación de un insecticida granulado con ingrediente activo Clorpirifos etil, incorporado directamente al suelo mediante mezcla con la tierra en los cajetes. Esta medida busca mejorar el control de larvas de gallina ciega, reforzando la protección del sistema radicular y favoreciendo el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo.

BITÁCORA

Producto	GALLINATOX
Fecha de inicio de aplicaciones	10 de octubre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Una aplicación para control de gallina ciega.
Fecha de aplicación	10 de octubre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Granular, alrededor del árbol.
Cantidad aplicada	3 grm por m ² . 12 grm por árbol
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	<i>Etapas vegetativa y reproductiva</i>
Sugerencias y recomendaciones	<i>Monitoreo constante de gallina ciega, debido a la resistencia que manifestó con otro producto (Imidacloprid)</i>

Aplicación	1ª
Fecha	10/10/25
Realizado (Si/No)	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Jorge

Resultados observados: El producto utilizado para el control de *Phyllophaga* spp. (gallina ciega) ha mostrado mayor eficacia que los utilizados con anterioridad.

Recomendaciones: Monitoreo constante para el control de gallina ciega, con el objetivo de proteger el sistema radicular de la planta y favorecer el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	09 de septiembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	14 de octubre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Revisar constantemente los cajetes de los árboles para comprobar el control de <i>Phyllophaga</i> spp. (gallina ciega)

Programa de aplicaciones						
Aplicación	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
Fecha	09/09/25	16/09/25	23/09/25	30/09/25	07/10/25	14/10/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco

Resultados observados: Durante la evaluación visual de las parcelas experimental y testigo, se identificaron diferencias notables en indicadores fisiológicos y fenológicos. El contraste en la coloración del follaje fue evidente, observándose una tonalidad más intensa y uniforme en los árboles de la parcela tratada. Asimismo, se registró una mayor presencia de renuevos, floración y frutos en etapa temprana de desarrollo, lo cual sugiere una respuesta positiva al manejo aplicado.

En cuanto al control de *Phyllophaga* spp. (gallina ciega), el último producto utilizado (Gallinatox) mostró una aparente mayor eficacia, dado que se ha reducido significativamente la presencia de larvas en el suelo, en comparación con las aplicaciones anteriores.

Recomendaciones: Continuar con la detección oportuna de plagas que afecten el cultivo para realizar tratamientos preventivos antes que correctivos.

BITÁCORA

Producto	Aceite de Neem
Fecha de inicio de aplicaciones	14 de octubre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Una aplicación para repeler plaga masticadora y chupadora,
Fecha de aplicación	14 de octubre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de aceite de Neem, agregado a la mezcla de Nutrenza foliar, adherente resinol y 200 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector experimental de la tabla tres.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Por separado se aplicará el aceite de Neem al sector testigo para cuidar que las condiciones sean iguales en ambos sectores. Si persiste la plaga se recomienda el uso de un producto más agresivo para evitar el daño foliar al que están siendo sometidos los cítricos.

Aplicación	1ª
Fecha	14/10/25
Realizado (Si/No)	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco

Resultados observados:

No se ha observado ya *Phyllophaga* spp., se asume que pudo ser controlada, pero se continúa con la supervisión constante del suelo. Por otra parte, la plaga de insectos chupadores y masticadores es alta y el aceite de Neem es sólo un insecticida de prevención.

Recomendaciones: Aplicación de un nuevo producto sistémico y de contacto para eliminar insectos chupadores y masticadores.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	04 de noviembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas.
Fecha de aplicación	04 de noviembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Revisar los cajetes de los árboles para comprobar el control de <i>Phyllophaga</i> spp. (gallina ciega).

2º ciclo de aplicación	1ª
Fecha	04/11/25
Realizado (Si/No)	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco

Resultados observados: El cambio en la coloración del follaje fue evidente, se observó una tonalidad más intensa en los árboles de la parcela tratada. Se registró más follaje en los árboles tratados y mayor floración.

La *Phyllophaga* spp. (gallina ciega), se redujo drásticamente después de la aplicación del último producto utilizado (Gallinatox).

Recomendaciones: Revisar permanentemente el cultivo para la detección oportuna de plagas.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	04 de noviembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas.
Fecha de aplicación	11 de noviembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Realizar un acolchado orgánico en los cajetes de los árboles para retener un poco más la humedad en el suelo

2º ciclo de aplicación	1ª	2ª
Fecha	04/11/25	11/11/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco

Resultados observados: Concluyó la etapa de temporal afectando la humedad en el suelo. Se logró el control de la *Phyllophaga* spp. (gallina ciega).

Recomendaciones: Una vez controlada la plaga de gallina ciega y ante los problemas de riego que afectan a las parcelas, se sugiere realizar un acolchado orgánico en los cajetes de los árboles con la finalidad de retener en el suelo la humedad el mayor tiempo posible.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	04 de noviembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas.
Fecha de aplicación	19 de noviembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Aplicar un producto para combatir el problema con insectos masticadores y chupadores que están comiendo los renuevos de los árboles y tirando la flor de los mismos.

2º ciclo de aplicación	1ª	2ª	3ª
Fecha	04/11/25	12/11/25	19/11/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco

Resultados observados: Insectos masticadores y chupadores están atacando las hojas y los nuevos brotes vegetativos de los árboles, los hay en gran cantidad por lo que un producto preventivo no es recomendable debido a que los insectos regresarían en corto tiempo y generarán mayor gasto.

Recomendaciones: Continuar con la detección oportuna de plagas que afecten el cultivo para realizar tratamientos preventivos antes que correctivos.

BITÁCORA

Producto	CIPERMETRINA
Fecha de inicio de aplicaciones	21 de noviembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Una aplicación para control de plaga masticadora y chupadora de lámina foliar
Fecha de aplicación	21 de noviembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	300 ml/ha de Cipermetrina diluido en 200 Lt de agua, aplicado en ambos sectores.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Monitoreo semanal de plaga en árboles

Aplicación	1ª
Fecha	21/11/25
Realizado (Si/No)	Sí
Aplicó (Nombre)	Daniel, Marco

Resultados observados: A una semana de la aplicación y aunque en menor proporción se siguen observando insectos masticadores; grillos, bushgrillos, chapulines, saltamontes y langostas, que están afectando los nuevos brotes vegetativos así como la floración y fructificación de los árboles.

Recomendaciones: Se hace necesaria otra aplicación para el siguiente mes.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	04 de noviembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	25 de noviembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Revisar constantemente los insectos masticadores y chupadores para evitar un número que cause daño grave al cultivo

2º ciclo de aplicación	1ª	2ª	3ª	4ª
Fecha	04/11/25	11/11/25	18/11/25	25/11/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí	Sí	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco

Resultados observados:

Se redujo un poco la plaga de insectos, sin embargo, como las otras tablas se están limpiando de maleza, la tabla 3 está siendo inundada por insectos que emigran buscando hojas tiernas para alimentarse..

Recomendaciones: Continuar con la detección oportuna de plagas que afecten el cultivo para realizar los tratamientos pertinentes.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	04 de noviembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	02 de diciembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	La plaga de insectos aún no está controlada.

Aplicación	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
Fecha	04/11/25	11/11/25	18/11/25	25/11/25	02/12/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco

Resultados observados: A punto de concluir las aplicaciones, por todas las evidencias observables, se confirman los efectos positivos que el tratamiento tuvo en el sector sur de la tabla 3.

Recomendaciones: Se debe continuar con la detección oportuna de plagas ya que afectan mucho al cultivo limitando su productividad.

BITÁCORA

Producto	NUTRENZA FOLIAR
Fecha de inicio de aplicaciones	04 de noviembre del 2025
Régimen de aplicaciones recomendadas	Aplicación semanal durante seis semanas consecutivas. Al concluir el ciclo, se recomienda un periodo de descanso de dos semanas antes de repetir el tratamiento.
Fecha de aplicación	09 de diciembre del 2025.
Hora de aplicación	Entre 8:00 a 9:30 a.m.
Forma de aplicación	Aspersión foliar mediante mochilas de motor y manual
Cantidad aplicada	Medio litro de Nutrenza foliar y 100 mL de adherente Resinal, diluidos en 100 litros de agua. Aplicación de éste bioinsumo únicamente en el sector unidad de análisis.
Cultivo	<i>Citrus latifolia</i> (Limón Persa)
Etapas de aplicación	Etapas vegetativa y reproductiva
Sugerencias y recomendaciones	Proporcionar al cultivo agua de riego suficiente para que la producción en los meses de febrero y marzo sea tan cuantiosa como se puede observar en los numerosos ramilletes de frutos que han cuajado.

Programa de aplicaciones						
Aplicación	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
Fecha	04/11/25	11/11/25	18/11/25	25/11/25	02/12/25	09/12/25
Realizado (Si/No)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Aplicó (Nombre)	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco	Alicia, Daniel, Marco

Resultados observados: Las diferencias entre los dos sectores en indicadores fisiológicos y fenológicos fueron muy notables. No sólo el cambio de coloración del follaje sino también la uniformidad en el tono verde de los árboles, el follaje es más espeso en el sector tratado y existe mayor cantidad de fruto cuajado en éste.

Recomendaciones: Proporcionar al cultivo agua de riego suficiente. Monitorear constantemente las plagas y emprender medidas preventivas o correctivas para su control.

ANEXO 6

Galería de fotos de árboles del sector sur. El antes y el después.

