

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



TESIS

**Efecto de la Fertilización con Extractos de Algas Sobre
la Maduración de Uva para Vino en el Valle de
Guadalupe**

PARA LA OBTENCIÓN DE LA ESPECIALIDAD EN
VITICULTURA Y ENOLOGÍA

PRESENTA:

Ing. Francisco Sarabia Lencioni

DIRECTOR:

Dr. Alejandro Cabello Pasini

Ensenada, Baja California, Diciembre 2023

Votos Aprobatorios

Efecto de la Fertilización con Extractos de Algas Sobre la
Maduración de Uva para Vino en el Valle de Guadalupe



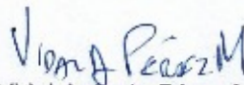
Dr. Alejandro Cabello Pasini

Director de Tesis



Dra. Cristina Domínguez C.

Sinodal



M. C. Vidal Antonio Pérez Muñoz

Sinodal

Agradecimientos

Víctor Macías Carranza por su apoyo en el campo y en el laboratorio.

Viñas Pasini SA de CV por permitir el uso de su viñedo para llevar a cabo los experimentos planteados en esta tesis.

Algas Pacific SA de CV, David Lora Sánchez por aportar los extractos de algas utilizados en estos experimentos.

Al Ing. Álvaro Urzúa por su apoyo en el campo, aplicaciones y muestreos realizados.

A la Universidad Autónoma de Baja California por el apoyo durante este periodo de estudio.

Índice General

1. Lista de Figuras.....	2
2. Lista de Tablas.....	3
3. Resumen.....	4
4. Introducción.....	6
5. Antecedentes	9
6. Planteamiento del Problema	16
7. Justificación.....	18
8. Objetivos	20
9. Hipótesis	21
10. Materiales y Métodos	22
a. Zona de Estudio	22
b. Diseño experimental	24
c. Análisis estadístico	26
11. Resultados y Discusiones	27
12. Literatura Citada	41
13. Anexo 1	49

Lista de Figuras	3
Figura 1. Crecimiento de los pámpanos de uva Tempranillo y Nebbiolo fertilizadas con extractos de algas marinas en el valle de Guadalupe.....	29
Figura 2. Efecto de la fertilización con extractos de algas sobre la concentración de sólidos solubles de la uva Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el valle de Guadalupe.....	31
Figura 3. Efecto de la fertilización con extractos de algas sobre la concentración de acidez total de la uva Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el valle de Guadalupe.....	33
Figura 4. Efecto de la fertilización con extractos de algas sobre el pH de la uva Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el valle de Guadalupe.....	36
Figura 5. Efecto de la fertilización con extractos de algas sobre el pH, acidez total, polifenoles totales, densidad de color y tono de vino Tempranillo.....	39

Lista de Tablas

Tabla 1. Programa de aplicación de extractos de algas a las uvas Tempranillo y Nebbiolo en San Antonio de las Minas, Baja California.....	23
---	----

Resumen

En la agricultura moderna se utilizan fertilizantes inorgánicos y orgánicos para suplementar los nutrientes a los cultivos. Dentro de los fertilizantes orgánicos, los extractos de algas han sido utilizados para suplementar micronutrientes, aminoácidos y fitohormonas. Sin embargo, se desconoce el efecto de estos extractos de algas sobre la fisiología de la vid y la composición química de las uvas durante la maduración. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue el de evaluar el impacto de los extractos de algas sobre el crecimiento de pámpanos, la acumulación de sólidos solubles, pH, acidez total y nitrógeno asimilable por levaduras durante la maduración de uvas *Vitis vinifera* cv. Tempranillo y Nebbiolo en Baja California. Además, se evaluó el impacto de la fertilización con extractos de algas sobre la composición química del vino Tempranillo. Se realizaron aplicaciones foliares y radicales de extractos de algas siguiendo las recomendaciones del productor (Algas Pacific SA de CV) en 130 plantas de uva Tempranillo y Nebbiolo. Además de los tratamientos, se realizaron las mismas mediciones en 130 plantas control. Se monitoreó el crecimiento de pámpanos semanalmente desde la brotación hasta que finalizó la elongación. Se determinó la concentración de sólidos solubles, pH, acidez total y nitrógeno asimilable por levaduras desde el envero hasta la cosecha en uvas tratadas con extractos de algas y en los controles. Se observó un incremento en el crecimiento de pámpanos de uva Tempranillo fertilizada con extractos de algas con respecto al control. Sin embargo, no se observaron diferencias en el crecimiento de los pámpanos en la variedad Nebbiolo. Lo anterior sugiere que los extractos de algas pueden impactar de manera específica a las diferentes variedades de vid. No se observaron diferencias significativas en la acumulación de sólidos solubles, acidez total, pH y

nitrógeno asimilable por levaduras en uvas tratadas con extractos de algas y vides control. Por otro lado, es posible que nutrientes y fitohormonas no actúen sobre la fisiología en el año de aplicación sino hasta el siguiente año de crecimiento.

Introducción

La uva es una fruta proveniente de la planta de la vid (*Vitis vinifera*), originaria del continente europeo. La *Vitis vinifera* es la especie orientada a la fermentación y producción de vinos de mesa (Winkler et al. 1974). Entre las principales propiedades de la uva están las altas concentraciones de azúcares, ácidos orgánicos, compuestos aromáticos, así como de taninos y polifenoles (Hidalgo-Togores 2011). Durante la maduración de las bayas, los componentes químicos del mosto cambian y son aprovechados por los viticultores para generar un balance adecuado durante la producción del vino de mesa.

Al igual que todas las plantas, la vid requiere de nutrientes para llevar a cabo procesos metabólicos como son el crecimiento foliar y radicular, acumulación de reservas, respiración, maduración de las bayas, etc. (Lambert *et al.* 2008). Estos nutrientes generalmente son aportados de manera radicular y/o foliar mediante la aplicación de fertilizantes inorgánicos u orgánicos. La composición, concentración y aplicación de estos fertilizantes varía dependiendo del cultivo, país, filosofía del productor, disponibilidad de fertilizantes, tipo de suelo, etc. Estos fertilizantes cambian la fisiología de la vid y la composición final de las uvas que serán utilizadas para la producción de vino. Se sabe, por ejemplo, que un exceso de nitrógeno conduce a un exceso de crecimiento de los pámpanos, incrementa el rendimiento del cultivo y afecta la composición del mosto (Lambert *et al.* 2008).

Para mejorar el balance químico de los mostos, los viticultores generalmente dosifican los fertilizantes a lo largo del periodo de crecimiento y maduración de las bayas. Además, en las últimas décadas ha habido un particular interés en el uso de fertilizantes orgánicos que impacten en menor medida el suelo

donde crecen las vides (Karažija *et al.* 2015). Los fertilizantes orgánicos generalmente están compuestos de excretas de ganado o aves de corral, lombrices, extractos de tejido animal o vegetal, etc. Recientemente, las algas marinas han sido utilizadas como fuente de nutrientes para cultivos. Estas algas son utilizadas de manera fresca, seca, después de ser composteadas o como extractos después de pasar por procesos químicos (Taskos *et al.* 2019).

En México, Baja California es el principal productor de uva para vino y el principal productor de algas marinas. Las algas marinas, y específicamente el alga parda *Macrocystis pyrifera* ha sido cosechada comercialmente en Baja California desde mediados del siglo XX (Guzmán *et al.* 1971). Esta macroalga y otras, son utilizadas para la producción de extractos que son utilizados en cultivos agrícolas (Taskos *et al.* 2019).

Se ha observado que la aplicación de extractos de algas incrementa sustancialmente la tasa de crecimiento de algunos cultivos agrícolas. Los extractos de algas, por ejemplo, estimulan el crecimiento de trigo y cebada (Shah *et al.* 2013). Sin embargo, existe poca información del impacto de la aplicación de extractos de algas sobre la fisiología de la vid y las características químicas de la uva durante el periodo de maduración (López-López *et al.* 2020, Popescu y Popescu 2014, Sabir *et al.* 2014, Taskos *et al.* 2019). Los extractos de algas son clasificados como sustancias naturales que pueden incrementar el crecimiento de algunas plantas y, por lo anterior, son consideradas como bioestimulantes vegetales.

Un bioestimulante es definido de manera general como una sustancia orgánica y/o microorganismo que al aplicarse incrementa la absorción de

nutrientes, estimula el crecimiento, incrementa la tolerancia al estrés o mejora la calidad de un cultivo (Pichyangkura y Chadchawan 2015). La composición química de los bioestimulantes producidos de extractos de algas es compleja, e incluye aminoácidos y macro- y micro- elementos (Battacharyya *et al.* 2015). Además, pueden incluir reguladores de crecimiento como auxinas, citoquininas y ácido abscísico. Debido a su amplio espectro de acción, los extractos de algas podrían ser una buena herramienta para regular el crecimiento de la vid y modular la composición química de las bayas durante la maduración.

Por su parte, las uvas Tempranillo y Nebbiolo son comúnmente utilizadas para la producción de vino de mesa en Baja California y presentan claras diferencias en la época de brotación, envero y maduración. Tempranillo es una uva de brotación y maduración temprana, mientras que Nebbiolo es de maduración tardía en la zona del Valle de Guadalupe, Baja California. Al igual que en otros cultivos de la zona, el uso de extractos de algas en la viticultura se ha incrementado en las últimas décadas, pero se desconoce aún su efecto sobre las características químicas durante la maduración de las uvas.

Hasta el año 2016, el municipio de Ensenada era el de mayor producción de uva para vino con un total de 16,201 toneladas, siendo Valle de Guadalupe la tercera zona de mayor importancia seguida de las zonas de San Vicente y Santo Tomás (SAGARPA 2016). Esto nos hace tomar en cuenta la limitante hídrica que tiene esta zona y tomar en cuenta alternativas para obtener mejores producciones con la cantidad limitada de agua. En consecuencia, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de los extractos de algas sobre el crecimiento y maduración de la uva en Baja California, México.

Antecedentes

Los fertilizantes son una fuente importante de nutrientes para los cultivos. Estos necesitan una cantidad adecuada de nutrientes para crecer y desarrollarse. Los tres nutrientes principales necesarios para el crecimiento de los cultivos son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Además, otros nutrientes como el calcio, el magnesio y el azufre son importantes para el crecimiento y desarrollo saludable de los cultivos (Tilman *et al.* 2011).

El uso de fertilizantes puede aumentar la producción de cultivos y mejorar su calidad. Los fertilizantes proporcionan los nutrientes necesarios para que los cultivos crezcan de manera saludable. El nitrógeno es un componente importante de los fertilizantes, y es esencial para la síntesis de proteínas y el crecimiento de las hojas. El fósforo es necesario para el desarrollo de raíces fuertes y un buen sistema de raíces puede mejorar la capacidad del cultivo para absorber nutrientes y agua del suelo. El potasio ayuda a los cultivos a resistir enfermedades y condiciones adversas, y mejora la calidad del producto final (Vitousek *et al.* 1997). A pesar de sus beneficios, el uso excesivo de fertilizantes puede tener efectos negativos en el medio ambiente y en la calidad de la fruta (Pérez-Muñoz 1993). Los fertilizantes pueden lixiviar en el suelo y el agua, lo que puede aumentar el nivel de nutrientes en los cuerpos de agua cercanos y causar problemas ambientales como la eutrofización. Además, el uso de fertilizantes sintéticos puede contribuir a la contaminación del aire y del agua debido a la liberación de gases de efecto invernadero durante la producción.

Se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes a base de extractos de algas marinas incrementa la tasa fotosintética y la concentración de azúcares en

uva (Zermeño-Gonzalez *et al.* 2015). Esto sugiere que el uso de este tipo de productos produce un efecto bioestimulante en la planta, en el cual el crecimiento del dosel aumenta, y por lo tanto, la producción y calidad tienden a aumentar. La aplicación de extractos también ha demostrado impactar positivamente en el crecimiento de algunos cultivos, mientras que otros estudios muestran efectos marginales o ningún efecto sobre el crecimiento y la calidad de los cultivos (Xu y Leskovar 2015).

Los fertilizantes a base de extractos de algas se han utilizado durante muchos años como una forma natural y efectiva de mejorar la producción de cultivos. Los extractos de algas contienen una amplia variedad de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, incluyendo nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro y otros oligoelementos. Además de estos nutrientes esenciales, los extractos de algas también contienen una variedad de compuestos bioactivos que tienen efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los extractos de algas contienen una amplia variedad de compuestos bioactivos que pueden mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos incluyen hormonas vegetales como la auxina, la giberelina y la citocinina, que pueden estimular el crecimiento de las plantas y mejorar la calidad de los cultivos (Khan *et al.* 2009). Los extractos de algas contienen una gran cantidad de aminoácidos, incluyendo lisina, arginina, cisteína y ácido glutámico, que son importantes para la síntesis de proteínas y el crecimiento de las plantas (Plaza *et al.* 2009). Además, las algas son ricas en oligoelementos esenciales como hierro, manganeso, zinc y cobre, que son importantes para el desarrollo y crecimiento de

las plantas (Craigie 2011). Los extractos de algas también contienen una amplia variedad de carbohidratos, incluyendo alginato, fucoidano y laminarano, que pueden mejorar la resistencia a enfermedades y al estrés abiótico en las plantas (Sharma y Gupta 2016). Por último, las algas contienen una variedad de vitaminas, incluyendo la vitamina B12 y la vitamina C, que son importantes para la salud de las plantas y la producción de cultivos (Rupérez 2002).

Las hormonas vegetales o fitohormonas son uno de los componentes más importantes en los fertilizantes a base de extractos de algas. Las fitohormonas se clasifican en cinco grupos principales: auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico y etileno. Cada uno de estos grupos de fitohormonas tiene un efecto diferente sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Las auxinas son conocidas por su papel en la regulación del crecimiento de los tallos y las raíces. Además, estas fitohormonas controlan la elongación celular y la división celular en las regiones meristemáticas de la planta. Se demostró también que el tratamiento de las semillas de soja con ácido indol-3-acético (AIA), una auxina sintética, aumentó significativamente la longitud del tallo y el número de hojas en las plantas jóvenes (Yang *et al.* 2020).

Las giberelinas, por otro lado, estimulan el crecimiento de las plantas, especialmente en la longitud del tallo y la germinación de las semillas. La aplicación exógena de giberelinas, por ejemplo, aumentó significativamente el crecimiento y la producción de frutas en tomate (Liao *et al.* 2021). Además, las citoquininas, como el 6-bencilaminopurina (BAP), promueven la división celular y retrasan el envejecimiento de las plantas. El tratamiento con BAP aumentó la

formación de brotes y el crecimiento de los tallos en los cultivos de tabaco (Wu *et al.* 2020).

Por otro lado, el ácido abscísico (ABA) es una fitohormona que se produce en las plantas en respuesta al estrés ambiental. El ABA controla la apertura y cierre de las estomas y regula el crecimiento en condiciones de sequía. Se demostró, por ejemplo, que el tratamiento de las plantas de maíz con ABA mejoró significativamente su tolerancia a la sequía (Liu *et al.* 2020).

Existen otras moléculas vegetales que regulan la maduración. El etileno, por ejemplo, es una fitohormona que regula la maduración de las frutas y la senescencia de las hojas. Esta hormona vegetal aceleró la maduración de los tomates, lo que ayuda a incrementar el rendimiento y el beneficio para el agricultor (Pechous *et al.* 2020).

Una de las formas en que las fitohormonas ejercen su efecto es mediante la regulación de la expresión génica. En este sentido, se ha demostrado que las fitohormonas pueden afectar la expresión de una amplia variedad de genes en plantas. Por ejemplo, se ha encontrado que la auxina, una de las fitohormonas más estudiadas, puede regular la expresión de genes involucrados en el crecimiento y desarrollo de las raíces, el tallo y las hojas de las plantas. La aplicación exógena de ácido indol-3-acético (IAA), la principal auxina en plantas, indujo la expresión de genes relacionados con la elongación de la raíz y la proliferación de las células del meristemo apical en plantas de arroz (Tian *et al.* 2019).

Por otro lado, se ha demostrado que la giberelina, otra importante fitohormona, puede regular la expresión de genes involucrados en la germinación de las semillas y el crecimiento de los tallos en plantas. La aplicación exógena de giberelina, por ejemplo, promovió la expresión de genes relacionados con la biosíntesis de enzimas que degradan la pared celular en las semillas de cebada, lo que mejoró la germinación y el crecimiento de las plántulas (Zhang *et al.* 2018). Además, la citoquinina, otra fitohormona importante, ha sido implicada en la regulación de la expresión de genes relacionados con la proliferación celular y la diferenciación en plantas. En otros trabajos se encontró que la aplicación exógena de citoquinina promovió la expresión de genes relacionados con la división celular y la biosíntesis de cloroplastos en plantas de algodón, lo que mejoró el crecimiento y la producción de biomasa (Zhang 2020). Sin embargo, se desconoce el efecto de las fitohormonas de los extractos de algas sobre el crecimiento y maduración de las uvas.

Se ha demostrado que los extractos de algas pueden mejorar el rendimiento de los cultivos de varias maneras. En plantas de tomate, se demostró que el uso de extractos de algas aumentó significativamente el rendimiento de los cultivos en comparación con los controles no tratados (Colla *et al.* 2017). Además, los extractos de algas también aumentaron el contenido de clorofila y la actividad fotosintética de las plantas en esta especie. En condiciones de sequía, la aplicación foliar de extractos de algas marinas aumentó significativamente el rendimiento del maíz (Zhang *et al.* 2010). Esta aplicación de extractos de algas también incrementó la actividad de enzimas antioxidantes que generó una reducción por daño oxidativo. Asimismo, se ha demostrado que los extractos de algas pueden aumentar la producción de aceite en plantas de girasol. En estas

plantas, la aplicación foliar de extractos de algas aumentó significativamente el rendimiento de aceite en un 10% en comparación con los controles no tratados (Osman y Salem 2011). De manera similar, la aplicación de extractos de algas mejoró el rendimiento de los cultivos de trigo al aumentar la altura de la planta, el número de granos por espiga y el peso del grano (Begum *et al.* 2018). Se demostró que los extractos de algas también pueden mejorar el rendimiento de los cultivos de arroz (Iqbal *et al.* 2021), maíz (Ertani *et al.* 2018) y soja (Begum *et al.* 2018).

En las últimas décadas, se ha conocido el contenido de algunos fitoquímicos beneficiosos para la salud contenidos en las uvas y en los vinos, lo que ha estimulado el consumo de vino en las personas. Esto a su vez ha hecho que el uso excesivo de fertilizantes convencionales se haya vuelto más común con el fin de aumentar los rendimientos de la vid. Lo anterior ha traído consigo una serie de desórdenes en el suelo que ha limitado la biodiversidad del suelo y el ecosistema (Begum *et al.* 2018). Debido a ello, los fertilizantes elaborados a partir de una fuente y proceso orgánico han destacado últimamente por sus múltiples beneficios a mediano y largo plazo. Se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes producidos a partir de algas marinas favorece el desarrollo y productividad de diversos cultivos (Begum *et al.* 2018).

La viticultura es una actividad agrícola importante en muchas partes del mundo, y el crecimiento y la producción de las vides es un factor clave en el éxito de esta industria. En los últimos años, se ha investigado el uso de extractos de algas marinas como una forma de mejorar el crecimiento y la salud de las vides. Se ha demostrado, por ejemplo, que la aplicación de extractos de algas marinas en el suelo mejoró significativamente el rendimiento de la vid en comparación con

un grupo de control (Martin 2012). Los autores sugirieron que los compuestos bioactivos presentes en los extractos de algas marinas estimulan la absorción de nutrientes y mejoran la actividad metabólica en las plantas. Además, la aplicación foliar de extractos de algas marinas en las vides resultó en un aumento significativo en la longitud de los brotes y en el número de hojas en comparación con un grupo de control (Yakhin *et al.* 2017). Los resultados sugieren que los compuestos bioactivos presentes en los extractos de algas marinas estimulan la síntesis de auxinas y citoquininas, hormonas vegetales que son importantes para el crecimiento y la diferenciación de las células de las plantas. Sin embargo, en México no se han realizado estudios que evalúen el efecto de los extractos de algas sobre la brotación y el crecimiento de pámpanos en vides para vino.

El incremento en la absorción de nutrientes y la actividad metabólica como resultado de las aplicaciones de extractos de algas han resultado en un incremento de la producción en algunos cultivos frutícolas. Se observó, por ejemplo, un incremento en el rendimiento de la uva Merlot con aplicaciones foliares de extracto del alga *Ascophyllum nodosum* (Taskos *et al.* 2019). Se observó, además, un incremento en la concentración de clorofila de las hojas de vid con la aplicación de los extractos de esta alga.

Por otro lado, la aplicación de este tipo de fertilizantes directamente al suelo donde se encuentra la vid, provoca un aumento en la tasa de asimilación de dióxido de carbono, al mismo tiempo que reduce su tasa de evapotranspiración (Méndez 2014). Sin embargo, se desconoce el efecto de la aplicación de estos extractos sobre la concentración de sólidos solubles, acidez titulable, pH, nitrógeno asimilable por levaduras y otras características químicas de la uva.

Planteamiento del problema

Se ha demostrado que el uso de extractos de algas como fertilizante orgánico puede incrementar el crecimiento, rendimiento y calidad de ciertos cultivos agrícolas. Sin embargo, se desconoce el efecto de estos bioestimulantes sobre el crecimiento y la maduración de las uvas para vino en México. Los extractos de algas son producidos mediante extracciones químicas de algas en todo el mundo. Baja California es el principal productor de algas a nivel nacional. Estas algas son utilizadas en la industria cosmética, médica, de alimentos, pinturas, etc. Además, existe una creciente industria en Baja California en el uso de estos extractos de algas para ser utilizados como fertilizantes o bioestimulantes orgánicos en la agricultura. Estos extractos de algas son utilizados en cultivos nacionales y son exportados a diversos países.

Por otro lado, el municipio de Ensenada es el principal productor de uva para vino a nivel nacional, y esta industria tiene un crecimiento anual acelerado. No obstante que Baja California es un importante productor de algas, extractos de algas, uvas y vino de mesa, se desconoce el impacto de estos extractos de algas sobre la fisiología de la vid y la calidad de los vinos en esta región.

En el presente trabajo se evaluó el efecto del uso de extractos de algas marinas sobre la fisiología de la vid. Específicamente se estudió el impacto del uso de extractos de algas sobre el crecimiento de los pámpanos en uva Tempranillo y Nebbiolo en Baja California. Además, se analizó el efecto de los extractos de algas sobre la acidez titulable, pH, polifenoles totales, densidad y color del mosto y vino Tempranillo.

Un efecto positivo de los extractos de algas sobre la fisiología de la vid y la calidad de la uva para vino generaría una ventaja competitiva para los productores de vino de la región, así como la industria de producción de extractos de algas en Baja California.

Justificación

La vid, al igual que todos los vegetales requieren macro- y micro- nutrientes para llevar a cabo sus procesos metabólicos. En los cultivos comerciales, estos nutrientes son aportados mediante fertilizantes orgánicos o inorgánicos.

Entre los nutrientes orgánicos, se utilizan estiércoles, composta, tejido animal y vegetal, y en ocasiones extractos de vegetales y/o animales. Así mismo, se ha popularizado el uso de extractos de algas marinas como fertilizantes o activadores de procesos metabólicos como crecimiento, incremento en el rendimiento, tolerancia a la desecación o temperaturas extremas, etc.

Los fertilizantes elaborados a partir de una fuente y proceso orgánico han destacado últimamente por sus múltiples beneficios a mediano y largo plazo. Se ha demostrado que la aplicación de bioestimulantes producidos a partir de algas marinas favorece el desarrollo y productividad de diversos cultivos. Estos productos han demostrado tener efectos positivos sobre la fisiología vegetal debido al aporte de fitohormonas, polisacáridos, macro- y micro-nutrientes, así como el control del estrés ocasionado por factores bióticos y abióticos.

Baja California es el principal productor de algas marinas en México. Existe una creciente industria en la extracción de algas directamente del mar, así como el cultivo en tierra. Aunado a esto, el número de industrias productoras de bioestimulantes agrícolas producidos a partir de extractos de algas ha aumentado significativamente. Por otro lado, Baja California es también el primer productor de uva para vino en México. A pesar de esto, existe nula información sobre el impacto en el uso de los bioestimulantes producidos a partir de algas marinas en

el crecimiento y maduración de las uvas en Baja California. Por lo anterior, el objetivo de este estudio es el de evaluar el efecto de estos productos, específicamente de extractos de algas marinas y su efecto sobre el crecimiento de la vid y la calidad de la uva. Así como también evaluar el efecto sobre las características químicas del mosto y el vino.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de los fertilizantes a base de extractos de algas sobre la fisiología de la vid en el Valle de Guadalupe.

Objetivos Específicos

1. Evaluar el efecto de los extractos de algas sobre el crecimiento de los pámpanos de uva Tempranillo y Nebbiolo.
2. Determinar el efecto de los extractos de algas sobre la concentración de sólidos solubles, pH, acidez total, y nitrógeno asimilable por levaduras durante el periodo de maduración de uvas Tempranillo y Nebbiolo.
3. Evaluar el pH, acidez total, concentración de polifenoles totales, densidad de color y tono en vino producido con uvas Tempranillo fertilizadas con extractos de algas.

Hipótesis

1. La aplicación de extractos de algas en el cultivo inducirá un mayor crecimiento de los pámpanos de uva Tempranillo y Nebbiolo.
2. La aplicación de extractos de algas en el cultivo generará una mayor concentración de sólidos solubles durante la maduración de las uvas. Además, la aplicación de extractos de algas generará un mejor balance de pH, ácidos totales y nitrógeno asimilable por levaduras en los mostos.
3. La concentración de polifenoles totales y densidad de color se verán afectados positivamente en los vinos producidos con extractos de algas.

Materiales y Métodos

Zona de Estudio

Se realizaron aplicaciones foliares y radiculares de extractos de algas en uvas Tempranillo y Nebbiolo en Viñas Pasini S.A. de C.V. en San Antonio de las Minas, Baja California, México en 2022. Las aplicaciones de extractos de algas se realizaron foliarmente y mediante fertirrigación a partir de la brotación y hasta el envero de las bayas de ambas variedades. El clima en esta región es considerado semidesértico o tipo mediterráneo. La temperatura promedio en verano es de 24.5 °C, mientras que en el invierno la temperatura promedio es de 13.5 °C. Las temperaturas máximas se presentan en agosto-septiembre, mientras que las menores temperaturas se presentan en enero-febrero. La precipitación pluvial en esta región se da principalmente en invierno presentando aproximadamente 265 mm anuales. Las máximas precipitaciones se dan durante enero-febrero de cada temporada (CONAGUA 2018). El tipo de suelo en el viñedo ha sido descrito como franco-arenoso (Cabello-Pasini *et al.* 2017).

Productos utilizados

Se realizó la aplicación foliar y radicular de los extractos de algas comerciales NPKelp, Copper Kelp, ZnKelp y Kelproot (Algas Pacific S.A. de C.V., Anexo 1). Las aplicaciones se llevaron a cabo de manera foliar cada dos semanas desde la brotación hasta el envero. Además, se llevaron a cabo aplicaciones radiculares de los mismos productos a través del sistema de riego (Tabla 1).

Tabla 1. Programa de aplicación de extractos de algas a las uvas Tempranillo y Nebbiolo en San Antonio de las Minas, Baja California. *DDB-días después de brotación.

*DDB	Etapas Fenológicas	Producto	Dosis L ha-1	Vía de aplicación
15 - 22	Brotación	NPKelp CooperKelp	2 2	Foliar Foliar
27 - 29	Desarrollo vegetativo	CooperKelp ZnKelp	2 2	Foliar Foliar
32 - 36	Desarrollo vegetativo	KelpRoot Larusoil ZnKelp	3 5 3	Riego Riego Riego
40 - 44	Desarrollo vegetativo	KelpRoot Larusoil ZnKelp	3 10 3	Riego Riego Riego
50 - 54	Pre - floración	NPKelp ZnKelp	3 3	Foliar Foliar
58 - 62	Floración	NPKelp Larusoil ZnKelp	3 10 4	Riego Riego Riego
72 - 76	Cuajado	NPKelp CooperKelp KelpRoot	3 3 3	Foliar Foliar Riego
86 - 90	Crecimiento del fruto	NPKelp Larusoil CooperKelp ZnKelp	3 10 3 3	Riego Riego Riego Riego
100 - 104	Crecimiento del fruto	NPKelp CooperKelp ZnKelp Larusoil	2 2 2 5	Foliar Foliar Foliar Riego
114 - 118	Crecimiento del fruto	NPKelp CooperKelp	3 2	Riego Riego/Foliar
128 - 132	Envero	NPKelp	3	Riego

Diseño Experimental

Para determinar el efecto de los fertilizantes de algas sobre el crecimiento de los sarmientos, se marcaron 16 vides Tempranillo al azar en una línea de cultivo de 130 plantas. A toda la línea de cultivo se le aplicó el tratamiento de fertilizantes de extractos de algas. En otra línea de cultivo del mismo bloque se marcaron 16 vides Tempranillo al azar que no tuvieron aplicación de extractos de algas y fueron considerados controles. Las vides fueron marcadas con cinta fluorescente en la base de los troncos. Posteriormente, se marcaron dos brotes al azar en cada una de las vides marcadas para llevar a cabo el monitoreo de los pámpanos. Se realizó el mismo marcado y tratamiento en otro bloque de cultivo de uva Nebbiolo.

A partir de la brotación se determinó la longitud de los pámpanos marcados utilizando cintas métricas en las uvas tratadas con extractos de algas y en los controles de uva Tempranillo y Nebbiolo. La medición del crecimiento de los pámpanos se llevó a cabo desde el inicio de la brotación hasta el envero. En este momento, los pámpanos de Tempranillo y Nebbiolo ya no presentaban elongación. La longitud de los pámpanos marcados se llevó a cabo colocando el inicio de la cinta métrica en la base del pámpano y se determinó la longitud hasta el meristemo de crecimiento apical.

Para evaluar el efecto de los extractos de algas sobre el crecimiento de las bayas, se recolectaron 200 bayas al azar cada semana de los tratamientos y los controles de cada una de las variedades estudiadas. En el laboratorio, el tamaño de las bayas se determinó promediando el diámetro de 10 bayas al azar por

triplicado. El peso de las bayas se determinó promediando el peso de 10 bayas al azar por triplicado.

Se determinó la maduración de las bayas en los tratamientos y controles de las uvas Tempranillo y Nebbiolo cada semana a partir del envero. Se determinó la concentración de sólidos solubles totales, pH, acidez total y nitrógeno asimilable por levaduras en el laboratorio de Botánica del Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Las uvas se recolectaron en ambas zonas de los pasillos, en la parte interna y externa del dosel, y de la parte superior e inferior de los racimos. Las uvas se estrujaron manualmente y se maceraron por 1 h. El mosto resultante fue clarificado mediante centrifugación (6,000 x g, 1 min) y se determinó la concentración de sólidos solubles con un refractómetro de mesa Abbe (Fisher Scientific Co.). La acidez total se cuantificó con una titulación potenciométrica con NaOH 0.1 N. El nitrógeno disponible para la fermentación (YAN) se determinó por el método del formaldehído, seguido de una titulación potenciométrica con NaOH 0.01 N, y el pH del mosto se determinó potenciométricamente (Thermo Orion 410, Zoecklein *et al.* 1995).

Se micro-vinificó uva Tempranillo para evaluar el efecto de la aplicación de extractos de algas sobre las características químicas y ópticas del vino. Cuando la uva Tempranillo alcanzó 24 °Bx, se realizaron micro-vinificaciones de 1 L a 18°C por triplicado. La uva Tempranillo se despalló, estrujó y el mosto resultante fue inoculado con levadura Fermol Rouge (AEB, España), dejando que macerara por dos semanas hasta terminar la fermentación alcohólica. Muestras de vino fueron centrifugadas para eliminar sólidos suspendidos y se determinó la concentración

de ácidos totales, pH, concentración de polifenoles totales, densidad de color y tono del vino.

Análisis estadístico

Las diferencias estadísticas de las características fisicoquímicas de las uvas se determinaron mediante un ANDEVA después de probar normalidad y homocedasticidad de los datos (Zar 1999). Todas las comparaciones múltiples de promedios se realizaron con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y Discusión

Crecimiento de los Pámpanos

La tasa de crecimiento semanal de los pámpanos fue significativamente más acelerada ($p < 0.05$) en la uva Tempranillo fertilizada con extracto de algas que en el control, sin embargo, no se observó esta respuesta en la uva Nebbiolo (Fig. 1). Se observó un aumento de aproximadamente 15 cm en la longitud promedio de los pámpanos de uva Tempranillo cultivada con extractos de alga.

Al igual que en otras variedades de vid, los resultados de este estudio sugieren que el uso de fertilizantes a base de extractos de algas puede presentar un efecto positivo en la tasa de crecimiento durante el periodo vegetativo de la vid. En vides de la variedad Narince, por ejemplo, el crecimiento de los sarmientos fue significativamente mayor cuando las plantas recibieron tratamientos foliares de extractos de algas más fertilizantes, con respecto a los controles (Sabir *et al.* 2014). Además, se observó un incremento de la longitud promedio de los sarmientos de la variedad de uva Feteasca Alba cuando se aplicaron extractos del alga *Ascophyllum nodosum* (Popescu y Popescu 2014). Se observó en esta variedad un incremento en la elongación de los sarmientos a medida que se incrementó la dosis de extractos de algas en relación con el control.

Por el contrario, la aplicación foliar de extractos de algas en variedades Solaris y Regent en Polonia, no mostró tener un impacto significativo sobre el crecimiento de los sarmientos ni sobre el número de hojas (Lisek *et al.* 2016). Lo anterior sugiere que el impacto de los fertilizantes a base de extractos de algas impacta de manera específica a las diferentes variedades de uva. Es posible

también que existan diferencias significativas en la preparación de los extractos de algas o, incluso, que los ingredientes activos en estos varíen dependiendo del tipo de alga utilizada o la época del año cuando fueron cosechadas.

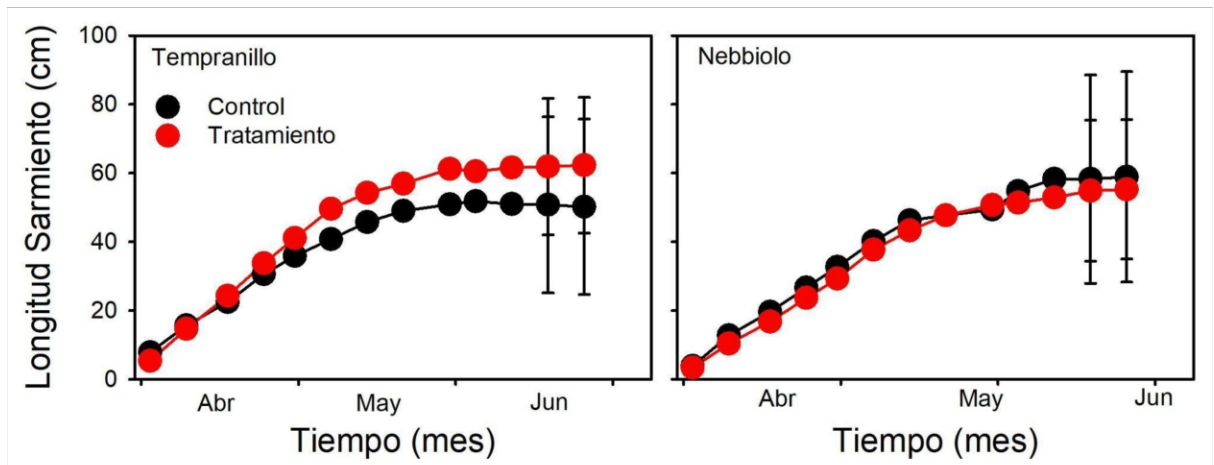


Figura 1. Crecimiento de los pámpanos de uva Tempranillo y Nebbiolo fertilizadas con extractos de algas marinas en el valle de Guadalupe

Concentración de sólidos solubles, acidez total y pH

En ambas variedades se observó un incremento de sólidos solubles a partir del envero. Sin embargo, no se observó un efecto significativo ($p > 0.05$) en la concentración de sólidos solubles de las uvas tratadas a lo largo del periodo de maduración con extractos de algas (Fig. 2).

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con los obtenidos en vides de la variedad Narince en Turquía (Sabir *et al.* 2014). Los resultados de este estudio muestran que la concentración de sólidos solubles fue similar entre los tratamientos de extractos de algas y los controles. Sin embargo, la concentración de sólidos solubles se incrementó significativamente cuando las vides recibieron tratamientos simultáneos de extractos de algas y fertilizantes químicos. Por lo anterior, es posible que no se observaron diferencias significativas en la acumulación de sólidos solubles en las vides de Baja California debido a la falta de fertilizantes químicos.

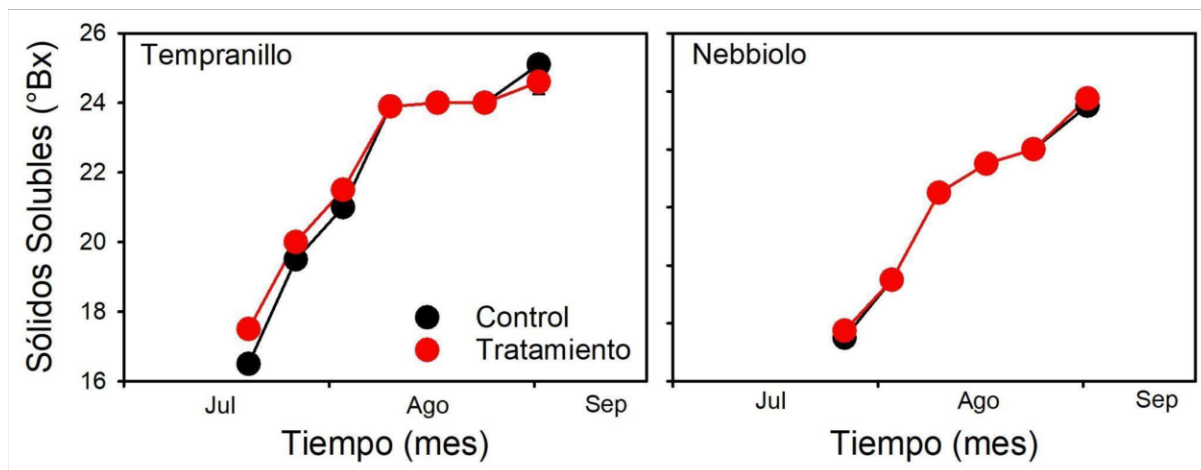


Figura 2. Efecto de la fertilización con extractos de algas sobre la concentración de sólidos solubles de la uva Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el valle de Guadalupe.

Como es común en la maduración de las uvas, se observó un decremento en la concentración de ácidos totales con respecto a la maduración. Sin embargo, no se observó un efecto significativo ($p > 0.05$) en la concentración de ácidos orgánicos de las uvas tratadas a lo largo del periodo de maduración con extractos de algas en relación a los controles (Fig. 3). La concentración de ácidos orgánicos al inicio del envero fue aproximadamente el doble en las uvas Nebbiolo que en las uvas Tempranillo. Sin embargo, al final del periodo de maduración la concentración de ácidos orgánicos fue de aproximadamente 5 g L^{-1} en ambas variedades.

Los resultados obtenidos en este estudio en relación a la concentración de ácidos orgánicos son consistentes a lo observado en otros estudios. La aplicación foliar de extractos de algas tampoco resultó en un cambio en la concentración de ácidos orgánicos en la uva Narince en Turquía (Sabir *et al.* 2014). De manera similar, no se observaron diferencias significativas en la acidez total del durazno Roxana tratado con extractos de algas. Lo anterior sugiere que las respuestas de las plantas a los fertilizantes foliares varían según su especie y las condiciones de cultivo.

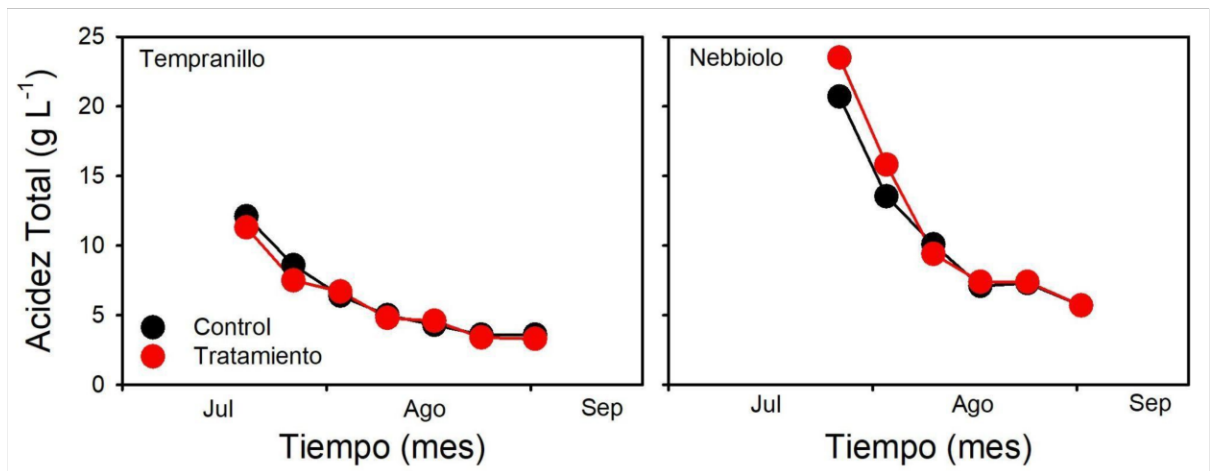


Figura 3. Efecto de la fertilización con extractos de algas sobre la concentración de acidez total de la uva Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el valle de Guadalupe.

Se observó un incremento en el pH del mosto de uvas a partir del envero. Sin embargo, no se observó un efecto significativo ($p > 0.05$) en el pH de las uvas tratadas a lo largo del periodo de maduración con extractos de algas (Fig. 4). El incremento del pH en el mosto es el resultado de la reducción de ácidos orgánicos en las uvas durante el periodo de maduración. El pH del mosto de las uvas aumentó durante la maduración de 2.8 a 3.65 en la uva Tempranillo y de 2.6 a 3.4 en la uva Nebbiolo. El incremento del pH como resultado del decremento de la acidez total del mosto es consistente con el incremento del pH observada en las uvas y otras frutas durante la maduración.

Al igual que con la acidez total del mosto, el pH no se vio afectado por la aplicación de extractos de algas en las uvas Tempranillo y Nebbiolo. Estos resultados son consistentes con lo observado en la uva Narince en Turquía (Sabir *et al.* 2014). Lo anterior es probablemente el resultado del nulo impacto de la fertilización con extractos de algas sobre la concentración de ácidos totales en el mosto.

No obstante que los resultados muestran un efecto solo en la elongación de los sarmientos en la uva Tempranillo, es posible que la elongación y otros parámetros evaluados muestran un efecto hasta el segundo año de muestreo o en periodos más largos de tiempo. Lo anterior se debe a que la fertilización orgánica puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las enmiendas orgánicas aumentan el contenido de materia orgánica del suelo, lo que mejora la estructura del suelo, la capacidad de retención de agua y la retención de nutrientes (Bravin *et al.* 2014). La fertilización orgánica también mejora la actividad microbiana del suelo, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes y el

crecimiento de las plantas. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes orgánicos puede conducir a la acidificación del suelo, lo que puede disminuir la disponibilidad de nutrientes y afectar el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, es importante administrar cuidadosamente el uso de fertilizantes orgánicos para mantener la salud del suelo.

Los fertilizantes orgánicos, incluyendo los extractos de algas, liberan nutrientes lentamente con el tiempo, proporcionando un suministro continuo de nutrientes a las vides (Nardi *et al.* 2002). Sin embargo, la cantidad y el momento de la liberación de nutrientes dependen del tipo de fertilizante orgánico utilizado y de las condiciones ambientales. En algunos casos, los fertilizantes orgánicos pueden no proporcionar cantidades suficientes de nutrientes para satisfacer la demanda de la vid, lo que genera deficiencias de nutrientes y reduce el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, es importante monitorear los niveles de nutrientes del suelo y tejidos, y ajustar las tasas de aplicación de fertilizantes orgánicos según sea necesario para garantizar la disponibilidad adecuada de nutrientes.

Los estudios sobre los efectos a largo plazo de la fertilización orgánica en el rendimiento de la vid han producido resultados mixtos. Algunos resultados indican un mayor crecimiento y rendimiento de la vid en respuesta a la fertilización orgánica, mientras que otros no se han encontrado diferencias significativas en comparación con la fertilización química. Las diferencias en el diseño del estudio, el tipo de suelo y el clima pueden contribuir a la variabilidad de los resultados. Se necesita más investigación para comprender completamente los efectos a largo plazo de la fertilización orgánica en el rendimiento de la vid.

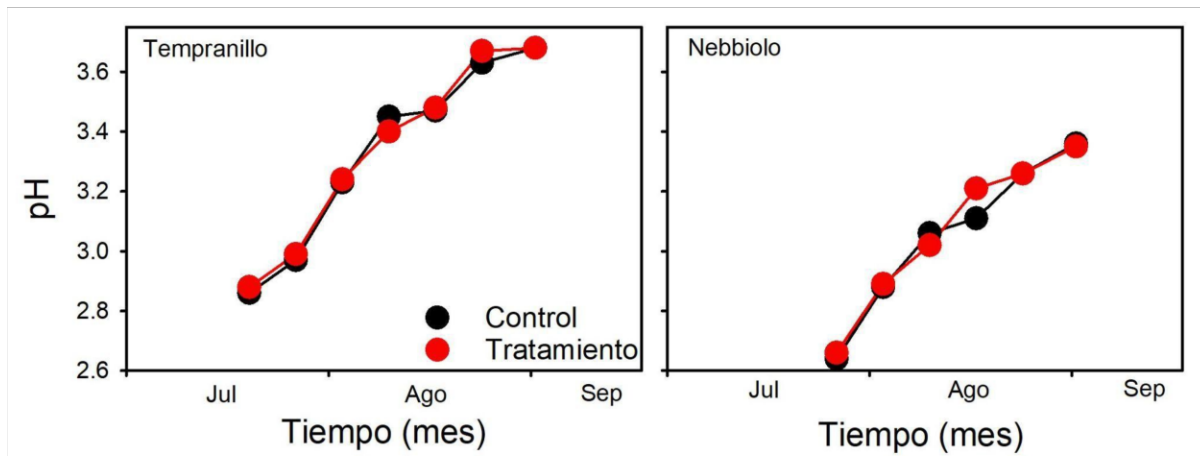


Figura 4. Efecto de la fertilización con extractos de algas sobre el pH de la uva Tempranillo y Nebbiolo a lo largo del periodo de maduración en el valle de Guadalupe.

Acidez total, pH, concentración de polifenoles totales, densidad de color y tono en vino Tempranillo

No se observaron diferencias significativas en el pH, acidez total, polifenoles totales, densidad de color y tono en vino Tempranillo de uvas tratadas con extractos de algas. Los extractos de algas presentaron un efecto positivo en la tasa de crecimiento de la uva Tempranillo, sin embargo, no se observó ningún efecto sobre las características químicas de la uva a lo largo del periodo de maduración. De igual manera, no se observaron diferencias significativas sobre las características químicas del vino producido con uvas fertilizadas con extractos de algas.

El uso de fertilizantes de algas marinas en la agricultura se ha incrementado en los últimos años debido a su potencial para mejorar la salud del suelo y el crecimiento de las plantas. Los fertilizantes de algas marinas se derivan de varias especies de algas marinas, que son una rica fuente de nutrientes y compuestos bioactivos, como citoquininas, giberelinas y auxinas. Se ha demostrado que estos compuestos mejoran el crecimiento de las plantas, el rendimiento y la tolerancia al estrés, y pueden tener efectos beneficiosos sobre la calidad de la fruta. En la industria del vino, el uso de fertilizantes de algas marinas es una práctica relativamente nueva, y sus efectos sobre el crecimiento de la vid y la composición de la fruta no se conocen bien.

Se ha demostrado que el uso de fertilizantes de algas marinas puede aumentar el crecimiento y el rendimiento de la vid (Craigie 2011, Guzmán-Ortiz *et al.* 2019). Los fertilizantes de algas marinas contienen una variedad de nutrientes, incluidos nitrógeno, fósforo y potasio, que son esenciales para el crecimiento y

desarrollo de la vid (Rupérez 2002). Además, los fertilizantes de algas marinas contienen varios compuestos bioactivos que pueden promover la división, elongación y diferenciación celular, lo que conduce a un mayor crecimiento de brotes y raíces. Sin embargo, los efectos de los fertilizantes de algas marinas sobre el crecimiento y el rendimiento de la vid pueden depender de las especies de algas marinas utilizadas, la tasa y el momento de la aplicación y las condiciones ambientales.

También se ha demostrado que los fertilizantes de algas marinas afectan la composición de la fruta en las vides (López-López *et al.* 2020). Se observó un aumento en la concentración de sólidos solubles totales, las antocianinas y los compuestos fenólicos en las bayas de uva tratadas con fertilizantes de algas marinas. Estos compuestos son importantes para la calidad del vino, ya que contribuyen al color, sabor y aroma. Los mecanismos por los cuales los fertilizantes de algas marinas afectan la composición de la fruta no se comprenden completamente, pero pueden implicar cambios en la expresión génica y la actividad enzimática relacionada con el metabolismo secundario (Stirk *et al.* 2014).

El uso de fertilizantes de algas marinas en los viñedos tiene varios beneficios potenciales, que incluyen una mejor salud del suelo, el crecimiento de las plantas y la calidad de la fruta, así como un impacto ambiental reducido en comparación con los fertilizantes químicos. Sin embargo, su uso también presenta algunos inconvenientes, incluida la variabilidad en el contenido de nutrientes y compuestos bioactivos entre diferentes especies y lotes de algas marinas, y el potencial de crecimiento excesivo de las plantas y reducción de la calidad de la fruta a altas tasas de aplicación.

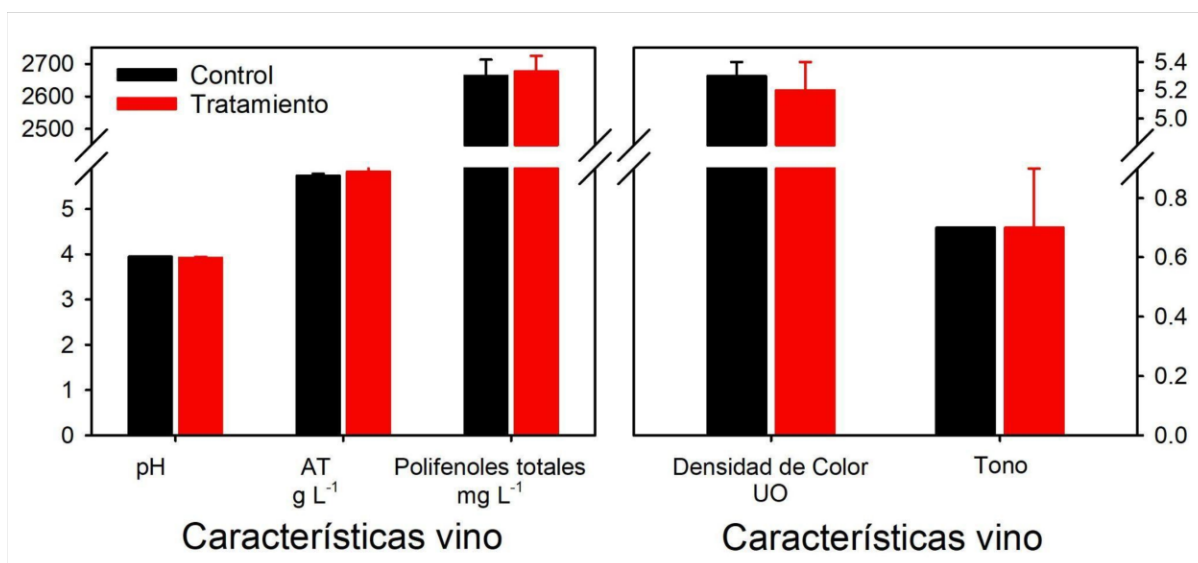


Figura 5. Efecto de la fertilización con extractos de algas sobre el pH, acidez total, polifenoles totales, densidad de color y tono de vino Tempranillo.

Conclusiones

Los resultados sugieren que el uso de extractos de algas puede presentar un efecto positivo en las tasas de crecimiento de los pámpanos en algunas variedades de uva, en específico en la variedad Tempranillo en el estado de Baja California.

Sobre las características químicas de la uva, no se observó ningún efecto a lo largo del periodo de maduración. De igual manera, no se observaron diferencias significativas sobre las características químicas del vino producido con uvas fertilizadas con extractos de algas.

Literatura Citada

- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., and Prithviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48.
- Begum, M., Bordoloi, B. C., Singha, D. D., and Ojha, N. J. (2018). Role of seaweed extract on growth, yield and quality of some agricultural crops: A review. *Agricultural Reviews*, 39(4), 321-326.
- Bravin, M.N., Martínez-Casasnovas, J.A., and Ruiz-Sánchez, M.C. (2014). Effects of long-term organic and mineral fertilization strategies on soil-derived greenhouse gas emissions and crop yields. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 184, 53-64.
- Cabello-Pasini, A., Macias-Carranza, V., and Mejía-Trejo, A. (2017). Efecto del mesoclima en la maduración de uva Nebbiolo (*Vitis vinifera*) en el valle de Guadalupe, Baja California, México. *Agrociencia*, 51(6), 617-633.
- Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., and Roupael, Y. (2017). Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. *HortScience*, 52(9), 1214-1220.
- CONAGUA, S. (2018). Monitor de sequía en México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitorde-sequia-en-mexico>
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 371-393.

- Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A., Schiavon, M., Pizzeghello, D., and Nardi, S. (2018) Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. *Front Plant Sci* 9:428
- Guzmán-Ortiz, F. A., Garrido-Ramírez, E. R., Lino-López, G. J., and LópezMarmolejo, M. (2019). Seaweed-based fertilizers as a sustainable alternative to the use of chemical fertilizers in agriculture. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(7-8), 799-822.
- Guzman del Proo, S. A., de la Campa de Guzman, S., and Granados-Gallegos, J. L. 1971. El sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*) y su explotación en Baja California. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 32:15-49.
- Hidalgo-Togores, J. (2011). *Tratado de Enología*. Vol. I y II. Ediciones Mundi-Prensa. Capítulo 3, pp. 109-201.
- Iqbal, A., He, L., Ali, I., Ullah, S., Khan, A., Akhtar, K., Wei, S., Zhao, Q., Zhang, J., and Jiang, L. (2021). Co-incorporation of manure and inorganic fertilizer improves leaf physiological traits, rice production and soil functionality in a paddy field. *Scientific Reports*, 11(1), 1-16.
- Karažija, T., Čosić, T., Lazarević, B., Horvat, T., Petek, M., Palčić, I., and Jerbić, N. (2015). Effect of organic fertilizers on soil chemical properties on vineyard calcareous soil. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 80(2), 79-84.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., and Prithiviraj, B. (2009).

- Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of plant growth regulation*, 28(4), 386-399.
- Lambert, J., Anderson, M., and Wolpert, J. (2008). Vineyard nutrient needs vary with rootstocks and soils. *California Agriculture*, 62(4), 202-207.
- Liao, W., Wang, G., Li, Y., Zhu, X., Chen, H., and Zhang, Y. (2021). Exogenous gibberellins promote tomato fruit growth and sugar accumulation under heat stress. *BMC Plant Biology*, 21(1), 1-14.
- Lisek, J., Sas-Paszt, L., Derkowska, E., Mrowicki, T., Przybyl, M., and Frac, M. (2016). Growth, yielding and healthiness of grapevine cultivars 'Solaris' and 'Regent' in response to fertilizers and biostimulants. *Journal of horticultural research*, 24(2).
- Liu, S., Wang, C., Wang, Y., Zhao, Y., Wang, C., and Li, Y. (2020). Abscisic acid enhances drought tolerance in maize seedlings by modulating leaf morphological and physiological traits. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206(5), 676-686.
- López-López, M., Ruiz-García, Y., Martínez-Lüscher, J., Delrot, S., and Ortuño, M. F. (2020). Seaweed-based fertilization effects on vine growth, yield, grape quality, and volatile composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(32), 8609-8620.
- Martin, J. W. (2012). Impact of marine extracts applications on CV. syrah grape (*Vitis vinifera* L.) yield components, harvest juice quality parameters, and nutrient uptake. California Polytechnic State University, 65 pp.

- Méndez, L. G. (2014). Fertilización a base de extractos de algas marinas y su relación con la eficiencia del uso del agua y de la luz de una plantación de vid y su efecto en el rendimiento y calidad de frutos. Recuperado el día 25 de noviembre 2022 de, <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7549/Mendez%20Lopez%2C%20Gildardo.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536.
- Osman, H. E., and Salem, O. (2011). Effect of seaweed extracts as foliar spray on sunflower yield and oil content. *Egyptian Journal of Phycology*, 12(1), 57-70.
- Pechous, S. W., Furrer, K. M., and Theologis, A. (2020). Ethylene-promoted tomato fruit ripening is associated with the regulation of the ethylene, auxin, and abscisic acid signaling pathways. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1385.
- Pérez-Munoz, V. A. (1993). Effect of cover crops, leaf removal, and nitrogen fertilization on petiole nutrient content, growth, productivity, and fruit composition of Chenin blanc grapevines. M.Sc. Thesis, California State University, Fresno, 94 pp.
- Pichyangkura, R., and Chadchawan, S. (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 49-65.

- Plaza, M., Herrero, M., and Cifuentes, A. (2009). Iodine content in edible seaweeds: method validation and iodine content variability. *Food chemistry*, 116(2), 428-433.
- Popescu, G. C., and Popescu, M. (2014). Effect of the brown alga *Ascophyllum nodosum* as biofertilizer on vegetative growth in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Current Trends in Natural Sciences* 3, 61-67.
- Rupérez, P. (2002). Mineral content of edible marine seaweeds. *Food chemistry*, 79(1), 23-26.
- Sabir, A., Yazar, K., Sabir, F., Kara, Z., Yazici, M. A., and Goksu, N. (2014). Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Horticulturae*, 175, 1-8.
- SAGARPA-SIAP. (2016). Atlas Agroalimentario
- Shah, M. T., Zodape, S. T., Chaudhary, D. R., Eswaran, K., and Chikara, J. (2013). Seaweed sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal of plant Nutrition*, 36(2), 192-200.
- Sharma, V., and Gupta, R. (2016). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of applied phycology*, 28(2), 949-966.
- Stirk, W. A., Arthur, G. D., Lourens, A. F., Novák, O., Strnad, M., Van Staden, J., and Ördög, V. (2014). Changes in cytokinins and auxins in seaweed concentrates when stored at an elevated temperature. *Journal of Applied Phycology*, 26(2), 951-956.

- Taskos, D., Stamatiadis, S., Yvin, J. C., and Jamois, F. (2019). Effects of an *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract on grapevine yield and berry composition of a Merlot vineyard. *Scientia Horticulturae* 250:27-32.
- Tian, H., Lv, B., Ding, T., Bai, M., Zhou, Y., Ding, Z., and Luo, J. (2019). Indole-3acetic acid promotes the growth of primary roots and the formation of lateral roots in rice. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(2), 610-619.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., and Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260-20264.
- Vitousek, P. M., Aber, J. D., Howarth, R. W., Likens, G. E., Matson, P. A., Schindler, D. W., and Crews, T. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological applications*, 7(3), 737-750.
- Winkler, A. J., Cook, J. A., Kliwer, W. M., and Lider, L.A. (1974). *General viticulture*. University of California Press, chapter 2, 619 pp.
- Wu, X., Deng, F., Ge, X., and Luo, H. (2020). Effect of 6-benzylaminopurine on the growth and plant regeneration of tobacco. *Biotechnology Reports*, 27, e00487.
- Xu, C., and Leskovar, D. I. (2015). Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. *Scientia Horticulturae* 183:39-47.
- Yakhin, O.I., Lubyaynov, A.A., Yakhin, I.A. & Brown, P.H. (2017) Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 2049.

- Yang, F., Ma, Y., Zhu, N., Liu, X., Xie, Q., Deng, X., and Liu, X. (2020). Seed priming with exogenous auxin improves soybean growth under drought stress. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. ed. Princeton-Hall, New Jersey. 620 pp.
- Zermeño-González, A., López-Rodríguez, B. R., Melendres-Alvarez, A. I., Ramírez-Rodríguez, H., Cárdenas-Palomo, J. O., and Munguía-López, J. 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.
- Zhang, D., Yuan, S., Xu, F., Zhu, F., Yuan, M., Ye, H., and Guo, H. (2018). Exogenous gibberellin altered morphology, anatomic and transcriptional regulatory networks of hormones in barley seeds. *BMC Plant Biology*, 18(1), 1-14.
- Zhang, H., Zhang, N., Yang, C., and Jin, X. (2020). Exogenous cytokinin improved photosynthesis, growth, and quality of cotton under drought stress. *Agricultural Water Management*, 240, 106287.
- Zhang, X., Wang, K., and Ervin, E. H. (2010). Optimizing dosages of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside for improving creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Science*, 50(1), 316-320.
- Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. C., Gump, B. H. and Nury, F. S. (1995). *Wine Analysis and Production*. Chapman-Hall. New York, chapter 3, 296 pp.

Características químicas de los fertilizantes producidos por Algas Pacific y utilizadas en este trabajo.



HOJA TÉCNICA

Versión: 3.0 / 18-02-2020
Uso exclusivo: México

CopperKelp® es un extracto de algas marinas especializado y desarrollado a partir de química verde. Las propiedades sinérgicas de los componentes de **CopperKelp**® permiten una mejor distribución, fijación y asimilación del cobre como micronutriente. Logrando potencializar el mecanismo de defensa de las plantas de adentro hacia afuera, utilizando como acarreador del cobre el extracto de algas marinas.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES / ANÁLISIS GARANTIZADO

Bioestimulante orgánico

COMPOSICIÓN GARANTIZADA	
Materia Orgánica (% P/V)	3.5000
Nitrógeno (% P/V)	0.6840
Potasio (% P/V)	0.8100
Magnesio (% P/V)	0.0132
Fósforo (% P/V)	0.1240
Boro (% P/V)	0.0024
Zinc (% P/V)	0.00023
Cobre (% P/V)	0.2500

Ingrediente activo % P/P

Extracto de algas marinas (*Macrocystis pyrifera* y *Gelidium robustum*) 97.00 %

Ingredientes auxiliares para estabilización 3.00 %

TOTAL 100.00 %

- Aspecto: Líquido
- Color: Verde olivo oscuro
- Olor: Característico del alga
- Solubilidad: 100% soluble en agua
- Densidad: 1.032 g/cm³
- pH: 6 ± 0.5

2. RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO

Las dosis recomendadas en este documento se basan en nuestra experiencia y las necesidades generales del cultivo. Se sugiere elaborar un programa de aplicación específico con apoyo de personal técnico especializado.

Agite bien el envase antes de abrir el producto y vierta en agua según la cantidad recomendada. Antes de aplicar, mezcle hasta obtener una solución homogénea. Se sugiere realizar pruebas previas a la mezcla y/o aplicación del producto en campo.

CULTIVO	DOSIS	APLICACIÓN
Naranja, Limón, Toronja, Mandarina, Lima y Cidra.	4 L/Ha 2 L/Ha 4 L/Ha	Se realizarán tres aplicaciones: - Desarrollo vegetativo - Floración - Cosecha
Plátano.	4 L/Ha 2 L/Ha 4 L/Ha	
Tomate de cáscara, Tomate, Papa, Tabaco, Chile, Chile Bell, Berenjena.	2 L/Ha 1 L/Ha 2 L/Ha	

3. EMBALAJE

Recipientes de plástico con las siguientes capacidades: 20, 200 y 1000 L.

4. CADUCIDAD Y ALMACENAMIENTO

El producto tiene una caducidad de 2 años. Una vez abierto el envase, el producto debe utilizarse. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar fresco, seco y bien ventilado. Manténgase protegido de la luz solar directa. No se almacene junto con productos alimenticios. No se deje al alcance de los niños.

5. INFORMACIÓN ADICIONAL

ALGAS Y EXTRACTOS DEL PACÍFICO NORTE AEP S.A. de C.V. garantiza la composición y contenido neto del producto siempre y cuando los sellos de seguridad de los envases no hayan sido violados. Debido a que el almacenamiento, transporte, manejo, aplicación y dosificación del producto están fuera de nuestro alcance, no se acepta responsabilidad sobre los efectos y/o resultados.

Algas y Extractos del Pacífico Norte AEP S.A. de C.V.
Prolongación Río Grijalva #1034, Col. Carlos Pacheco, Ensenada, B.C., CP. 22890, México
Tel. (646) 172 20 91 / 120 79 84 www.algaspacific.com contacto@algaspacific.com



HOJA TÉCNICA

Versión: 4.0 / 22-04-2021
Uso exclusivo: México

Kelproot® es una mezcla de extracto de algas marinas (*Macrocystis pyrifera* y *Gelidium robustum*) con extracto de planta terrestre (*Yucca schidigera*) para uso en sistema de riego. Es un extracto orgánico de calidad. Su función principal es mejorar los suelos, ya que ayuda a modificar las condiciones del mismo, permitiendo que el agua y el aire penetren con mayor facilidad a la zona radicular, ayudando en la generación de raíces secundarias que se refleja en una mejor asimilación de nutrientes.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES / ANÁLISIS GARANTIZADO

Mejorador de suelos orgánico

DETERMINACIÓN O COMPUESTO	VALOR OBTENIDO DÍA CERO	METODOLOGÍA UTILIZADA
Materia Orgánica (%P/V)	3.5000	WALKLEY AND BLACK
Nitrógeno (%P/V)	0.8100	AOAC-955.04
Potasio (%P/V)	1.68400	AOAC-955.05
Magnesio (%P/V)	0.0132	AOAC-984.01
Fósforo (%P/V)	0.1240	AOAC-958.01
Boro (%P/V)	0.0024	AOAC-949.02
Zinc (%P/V)	0.00023	AOAC-975.02

Ingrediente activo	% P/P
Extracto de algas marinas (<i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Gelidium robustum</i>)	60.00 %
Extracto de plantas terrestres (<i>Yucca schidigera</i>)	40.00 %
TOTAL	100.00 %

- Aspecto: Líquido
- Color: Café oscuro
- Olor: Característico del alga
- Solubilidad: 100% soluble en agua
- Densidad: 1.04 ± 0.02 g/cm³
- pH: 4.5 - 6

2. RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO

Estas recomendaciones son generalizadas para los cultivos. Las dosis recomendadas en este documento se basan en nuestra experiencia y las necesidades generales del cultivo. Se sugiere elaborar un programa de aplicación específico con apoyo de personal técnico especializado.

Agite bien el envase antes de abrir el producto y vierta en agua según la cantidad recomendada. Antes de aplicar, mezcle hasta obtener una solución homogénea. Se sugiere realizar pruebas previas a la mezcla y/o aplicación del producto en campo.

CULTIVO	DOSIS	APLICACIÓN
HORTALIZAS Tomate de cáscara, Tomate, Papa, Tabaco, Chile, Chile Bell, Berenjena.	1.0 L/Ha	Desarrollo vegetativo
	1.5 L/Ha	Floración
	2.0 L/Ha	Cosecha

3. EMBALAJE

Recipientes de plástico con las siguientes capacidades: 5, 20, 200 y 1000 L.

4. CADUCIDAD Y ALMACENAMIENTO

El producto tiene una caducidad de 2 años. Una vez abierto el envase, el producto debe utilizarse. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar fresco, seco y bien ventilado. Manténgase protegido de la luz solar directa. No se almacene junto con productos alimenticios. No se deje al alcance de los niños.

5. INFORMACIÓN ADICIONAL

ALGAS Y EXTRACTOS DEL PACÍFICO NORTE AEP S.A. de C.V. garantiza la composición y contenido neto del producto siempre y cuando los sellos de seguridad de los envases no hayan sido violados. Debido a que el almacenamiento, transporte, manejo, aplicación y dosificación del producto están fuera de nuestro alcance, no se acepta responsabilidad sobre los efectos y/o resultados.

Algas y Extractos del Pacifico Norte AEP S.A. de C.V.
Prolongación Río Grijalva #1034, Col. Carlos Pacheco, Ensenada, B.C., CP. 22890, México
Tel. (646) 172 20 91 / 120 79 84 www.algaspacific.com contacto@algaspacific.com

HOJA TÉCNICA

Versión: 6.0 / 18-07-2022
Uso exclusivo: México

NPKelp® es un fertilizante orgánico a partir de dos algas marinas (*Macrocystis pyrifera* y *Gelidium robustum*). Su principal función es promover el crecimiento de las plantas, dar vigor y reducir el stress.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES / ANÁLISIS GARANTIZADO

DETERMINACIÓN O COMPUESTO	VALOR OBTENIDO DÍA CERO	METODOLOGÍA UTILIZADA
Materia Orgánica (%P/V)	3.49	WALKLEY AND BLACK
Nitrógeno (%P/V)	0.1470	AOAC-955.04
Potasio (%P/V)	0.0770	AOAC-955.05
Magnesio (%P/V)	0.0136	AOAC-984.01
Fósforo (%P/V)	0.008	AOAC-958.01
Boro (%P/V)	0.00061	AOAC-949.02
Zinc (%P/V)	0.00013	AOAC-975.02

Ingrediente activo	% P/P	No. CAS
Algas marinas (<i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Gelidium robustum</i>)	98.5%	N/A
Estabilizante	1.5%	77-92-9
TOTAL	100%	

- Aspecto: Líquido
- Color: Café oscuro
- Olor: Característico del alga
- Solubilidad: 100% soluble en agua
- Densidad: 1.03 ± 0.02 g/cm³
- pH: 4.5 - 6

2. RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO

Las dosis recomendadas en este documento se basan en nuestra experiencia y las necesidades generales del cultivo. Se sugiere elaborar un programa de aplicación específico con apoyo de personal técnico especializado.

Agite bien el envase antes de abrir el producto y vierta en agua según la cantidad recomendada. Antes de aplicar, mezcle hasta obtener una solución homogénea. Se sugiere realizar pruebas previas a la mezcla y/o aplicación del producto en campo.

CULTIVO	DOSIS	ÉPOCA DE APLICACIÓN
Tomate de cáscara, Chiles, Papa, Tomate.	6 L/Ha	Cada 20 días después del trasplante hasta el término del cultivo.
Lechuga, Girasol, Cártamo, Crisantemo, Manzanilla.	6 L/Ha	Realizar aplicaciones vía foliar cada 20 días durante el desarrollo del cultivo.
Ajo, Cebolla, Aloe, Agave, Espárrago, Narciso, Zarcaparrilla, Tulipán.	6 L/Ha	Realizar aplicaciones vía sistema de riego cada 20 días durante el desarrollo del cultivo.
Nabo, Rabano, Berro, Col, Coliflor, Broccoli.	6 L/Ha	Realizar dos aplicaciones vía foliar cada 20 días durante el desarrollo del cultivo.
Melón, Sandía, Calabaza, Calabacita, Chilacayote, Chayote, Pepino.	6 L/Ha	Realizar aplicaciones vía foliar cada 20 días durante el desarrollo del cultivo.
Fresa, Manzana, Durazno, Ciruela, Uva, Nopal, Cereza, Zarcamora, Frambuesa.	6 L/Ha	Realizar aplicaciones vía foliar cada 20 días durante el desarrollo del cultivo.

3. EMBALAJE

Recipientes de plástico con las siguientes capacidades: 5, 20, 200 y 1000 L.

4. CADUCIDAD Y ALMACENAMIENTO

El producto tiene una caducidad de 2 años. Una vez abierto el envase, el producto debe utilizarse. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar fresco, seco y bien ventilado. Manténgase protegido de la luz solar directa. No se almacene junto con productos alimenticios. No se deje al alcance de los niños.

5. INFORMACIÓN ADICIONAL

ALGAS Y EXTRACTOS DEL PACÍFICO NORTE AEP S.A. de C.V. garantiza la composición y contenido neto del producto siempre y cuando los sellos de seguridad de los envases no hayan sido violados. Debido a que el almacenamiento, transporte, manejo, aplicación y dosificación del producto están fuera de nuestro alcance, no se acepta responsabilidad sobre los efectos y/o resultados.

Algas y Extractos del Pacífico Norte AEP S.A. de C.V.
Prolongación Río Grijalva #1034, Col. Carlos Pacheco, Ensenada, B.C., CP. 22890, México
Tel. (646) 172 20 91 / 120 79 84 www.algaspacific.com contacto@algaspacific.com



HOJA TÉCNICA
 Versión: 7.0 / 04-08-2023
 Uso exclusivo: México

ZnKelp® es un fertilizante órgano-mineral formulado para la aportación de zinc en los cultivos agrícolas. ZnKelp® está elaborado a partir de extractos de algas marinas frescas y sales minerales. La aplicación de ZnKelp® vía riego permite la absorción de zinc a través del sistema radicular para prevenir deficiencias nutricionales, manteniendo su concentración en los niveles requeridos por las plantas.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES / ANÁLISIS GARANTIZADO

Fertilizante órgano-mineral líquido

"Composición Garantizada"	
Materia Orgánica	2,31% p/v
Potasio (K ₂ O)	2,10% p/v
Azufre (SO ₂)	8,20% p/v
Zinc (Zn)	4,60% p/v

Ingrediente activo	% P/P
Extracto de algas marinas (<i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Gelidium robustum</i>)	80,00%
Ingredientes auxiliares para la extracción, estabilización y minerales	20,00%
TOTAL	100,00%

- Aspecto: Líquido
- Color: Café claro
- Olor: Característico del alga
- Solubilidad: 100% soluble en agua
- Densidad: 1.15 ± 0.05 g/cm³
- pH: 6 - 6.5

2. RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO

Las dosis recomendadas en este documento se basan en nuestra experiencia y las necesidades generales del cultivo. Se sugiere elaborar un programa de aplicación específico con apoyo de personal técnico especializado.

Agite bien el envase antes de abrir el producto y vierta en agua según la cantidad recomendada. Antes de aplicar, mezcle hasta obtener una solución homogénea. Se sugiere realizar pruebas previas a la mezcla y/o aplicación del producto en campo.

CULTIVOS	DOSIS (l/ha)	ÉPOCA DE APLICACIÓN
Añón, chícharo, frijol, garbanzo, maíz, trigo, sorgo, soya, arroz y cebada	1-5	Primera aplicación: Primer riego de lluvia Segunda aplicación: 21 días después de la primera aplicación
Acorn, s.c. corno, betabel, brócoli, cebolla, cebollín, cilantro, col, callos, espinaca, pimiento, lechuga, nabo, romero, rabanito, zanahilo y otros paja	1-4	Primera aplicación: 15 días de la siembra o trasplante Segunda aplicación: 21 días después de la primera aplicación Tercera aplicación: 21 días después de la primera aplicación
Berenjena, calabaza, calabaza, chayota, chila, espinazo, boniato, melón, papa, papaya, pimiento, sandía, tomate, tomate verde y zanahilo	1-4	Primera aplicación: 15 días de la siembra o trasplante Segunda aplicación: 21 días después de la primera aplicación Tercera aplicación: 21 días después de la primera aplicación
Flores de coque y flores de mariposa	1-4	Primera aplicación: 15 días de la siembra o trasplante Segunda aplicación: 21 días después de la primera aplicación Tercera aplicación: 21 días después de la primera aplicación
Aguacate, achiote, almendra, arándano, avellano, castaño, cerezo, ciruela, dátil, mango, naranja, papaya, piñón, pimiento, frutilla, guayaba, guayaba, higo, limón, lima, melón, mandarina, manzana, mango, melón, naranja, maracujá, melocotón, membrillo, melón, níspero, níspero, olivo, palmito, papaya, piña, plátano, plátano, uva y zarzamora	3-5	Primera aplicación: 15 días de la siembra o trasplante Segunda aplicación: 21 días después de la primera aplicación Tercera aplicación: 21 días después de la primera aplicación

3. EMBALAJE

Recipientes de plástico con las siguientes capacidades: 20, 200 y 1000 L.

4. CADUCIDAD Y ALMACENAMIENTO

El producto tiene una caducidad de 2 años. Una vez abierto el envase, el producto debe utilizarse. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar fresco, seco y bien ventilado. Manténgase protegido de la luz solar directa. No se almacene junto con productos alimenticios. No se deje al alcance de los niños.

5. INFORMACIÓN ADICIONAL

ALGAS Y EXTRACTOS DEL PACÍFICO NORTE AEP S.A. de C.V. garantiza la composición y contenido neto del producto siempre y cuando los sellos de seguridad de los envases no hayan sido violados. Debido a que el almacenamiento, transporte, manejo, aplicación y dosificación del producto están fuera de nuestro alcance, no se acepta responsabilidad sobre los efectos y/o resultados.

Algas y Extractos del Pacífico Norte AEP S.A. de C.V.
 Prolongación Río Grijalva #1034, Col. Carlos Pacheco, Ensenada, B.C., CP. 22890, México
 Tel. (646) 172 20 91 / 120 79 84 www.algaspacific.com contacto@algaspacific.com