



Aplicación de bioestimulantes con microelementos en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.): Rendimiento, calidad y rentabilidad económica

Application of biostimulants with microelements in the passion fruit crop (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.): Yield, quality and economic profitability

Ricardo Peña*; Alberto Cruz

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura. Campus Universitario, Urb. Miraflores S/N, Castilla, Piura.

*Autor corresponsal: rpenac@unp.edu.pe (R. Peña).

ID ORCID de los autores

R. Peña:  <https://orcid.org/0000-0001-6300-9772>

RESUMEN

En el trabajo de investigación se aplicaron bioestimulantes con microelementos en plantas de maracuyá (*Passiflora edulis*), Sullana – Piura, con el objetivo de evaluar rendimiento, calidad y rentabilidad económica. Se empleó el diseño Bloques Completos al Azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, totalizando 15 unidades experimentales de 6 plantas cada una, evaluándose las 4 plantas centrales. Los tratamientos fueron: T0 (sin aplicación), T1 (Fertimar 1 kg.ha⁻¹), T2 (Fertimar 1.5 kg.ha⁻¹), T3 (Stimplex-G 3 L.ha⁻¹) y T4 (Stimplex-G 5 L.ha⁻¹). Las evaluaciones se realizaron hasta la sexta cosecha de frutos con madurez comercial. Los productos bioestimulantes con microelementos aplicados al cultivo de maracuyá tuvieron efecto significativo sobre el volumen de jugo en frutos de maracuyá. El mejor tratamiento fue el T3 (3 L.ha⁻¹ de Stimplex-G), que permitió obtener un rendimiento de 8 114,86 kg.ha⁻¹ de fruta de maracuyá en las seis primeras cosechas; el mismo efecto se produjo para el número de frutos por planta con un valor de 46 frutos. El Tratamiento de más alta rentabilidad económica fue el T3 (3 L.ha⁻¹ de Stimplex - G), con una relación beneficio/costo de 0,61.

Palabras clave: Bioestimulantes; maracuyá; microelementos; rendimiento de maracuyá; calidad de maracuyá.

ABSTRACT

In the research work, biostimulants with microelements were applied to passion fruit plants (*Passiflora edulis*), Sullana – Piura, with the aim of evaluating yield, quality and economic profitability. The Complete Random Blocks design was used with five treatments and three repetitions, totaling 15 experimental units of 6 plants each, evaluating the 4 central plants. The treatments were: T0 (without application), T1 (Fertimar 1 kg.ha⁻¹), T2 (Fertimar 1.5 kg.ha⁻¹), T3 (Stimplex-G 3 L.ha⁻¹) and T4 (Stimplex-G 5 L.ha⁻¹). The evaluations were carried out until the sixth harvest of fruits with commercial maturity. Biostimulant products with microelements applied to the passion fruit crop had a significant effect on the volume of juice in passion fruit. The best treatment was T3 (3 L.ha⁻¹ of Stimplex-G), which allowed a yield of 8 114.86 kg.ha⁻¹ of passion fruit to be obtained in the first six harvests; the same effect was produced for the number of fruits per plant with a value of 46 fruits. The treatment with the highest economic profitability was T3 (3 L.ha⁻¹ of Stimplex - G), with a benefit/cost ratio of 0.61.

Keywords: Biostimulants; passion fruit; microelements; passion fruit yield; Passion fruit quality.

Recibido: 12-01-2020.

Aceptado: 01-03-2020.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maracuyá requiere de cantidades adecuadas aminoácidos, macro y micro nutrientes que deben estar en forma disponible para que las plantas se desarrollen y produzcan satisfactoriamente, dado que la planta los absorbe durante todo el año, cuando el suelo no logra satisfacer estas necesidades es necesario suplementar estos nutrientes en la época más adecuada, siendo los períodos de floración y formación de frutos en los cuales el consumo de nutrientes es más intenso (Malavolta, 1994). Las plantas de maracuyá tienen un crecimiento continuo y vigoroso y la absorción de nutrientes se intensifica a partir de los 250 días de edad, lo que corresponde a la etapa de pre fructificación (CENTA, 2018).

En Piura, los productores siembran maracuyá como un cultivo alternativo a los tradicionales, entre ellos arroz, mango y limón; sin embargo, la productividad es afectada por la inexistencia de material adecuado de propagación, el complejo de enfermedades, manejo empírico de las densidades de siembra, aplicación inadecuada de prácticas culturales, falta de normas de calidad y precario manejo de la cosecha y post cosecha, deficiente tecnología e inadecuados paquetes tecnológicos en cuanto a fertilización y nutrición, que conllevan a la obtención de bajas producciones y problemas de rentabilidad (Cañizares y Jaramillo, 2015).

Como parte de los paquetes nutricionales, la aplicación de bioestimulantes, micro y macronutrientes juegan un rol importante en el desarrollo y producción del cultivo de maracuyá, las algas y los productos derivados de las algas se utilizan como bioestimulantes en la producción de cultivos, induciendo resistencia al estrés biótico y abiótico, debido a su contenido hormonal como auxinas, giberelinas, citoquinina, betaínas; además de macronutrientes P, K, Ca y micronutrientes como Zn, Fe, Cu, Mn, Co y Mo necesarios en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Begum *et al.*, 2018). Expertos indican que los extractos de algas promueven el crecimiento de las plantas, tienen efecto de mejora en la tolerancia de los cultivos al estrés abiótico, salinidad, extremas temperaturas, deficiencia de nutrientes y sequía; a razón de los componentes químicos entre los que incluyen polisacáridos complejos, ácidos grasos, vitaminas, fitohormonas y nutrientes minerales (Battacharyya *et al.*, 2015); es por ello que, con el presente trabajo de investigación, se planteó la siguiente pregunta: ¿En qué medida la aplicación de bioestimulantes con microelementos en el cultivo de maracuyá, influye en el rendimiento, calidad y rentabilidad económica?

Un bioestimulante es una molécula biológica que actúan potenciando determinadas expresiones metabólicas y fisiológicas en los vegetales, el crecimiento y el desarrollo de las plantas está controlado por hormonas vegetales o fitohormonas, las cuales controlan directamente e indirectamente la ejecución de numerosas y variadas reacciones fisiológicas y su integración con el metabolismo general (Medjdoub, 2020). El efecto bioestimulante de los productos formulados a base de algas marinas es muy amplio, y debido a su contenido de citoquini-

nas y auxinas que son fitoreguladores involucrados en el crecimiento y en la movilización de nutrientes en los órganos vegetativos (Hong *et al.*, 1995), permiten incrementar la cosecha de frutos y semillas (Arthur, 2003; Zurawicz *et al.*, 2004), y el grado de maduración de los frutos (Fornes *et al.*, 2002). Los bioestimulantes son seguros para el medio ambiente natural y contribuyen a mejorar el rendimiento y la calidad, especialmente después de la aparición de factores estresantes, recomiendan usar en cultivos sensibles a factores de estrés biótico como las bajas temperaturas o la sequía (Kocira *et al.*, 2018).

Son muchas las investigaciones que se han realizado en torno a este tema, así (Román, 2016) determinó que el tratamiento con ácido giberélico (2,5 g.ha⁻¹) promovió el mayor número de frutos/planta de maracuyá (31), el mayor número de flores fecundadas/planta (31,66) y el mayor rendimiento (19795,05 kg.ha⁻¹.año), el tratamiento de citoquinina (500cc.ha⁻¹) más ácido giberélico (2,5 g.ha⁻¹) generó el mayor diámetro (7,96 cm) y mejor peso del fruto (225,93 g); el tratamiento de ácido giberélico (2,5 g.ha⁻¹) con fertilización con boro (500 cc.ha⁻¹) obtuvo la mayor concentración de sólidos solubles totales del fruto (12,5°brix). Por otro lado la aplicación de micro y macronutrientes tiene influencia en el rendimiento, esto lo demostró (Macías, 2016), quien aplicó N+Ca+B+S+Zn+Mn en cultivo de maracuyá a dosis de 160 kg.ha⁻¹ + 40 kg.ha⁻¹ + 500 cc.ha⁻¹ + 40 kg.ha⁻¹ + 1 L.ha⁻¹ + 1L.ha⁻¹ respectivamente, y fue el que presentó un mejor rendimiento (19 713,67 kg.ha⁻¹.año), número de botones florales(283,33), diámetro del fruto (7,69 cm), peso de fruto (225,47 g/planta), sólidos solubles totales con 14,11 grados °brix, y el mayor número de frutos (23,16 frutos/planta). La aplicación en periodo bimensual de la dosis de fertilizante 100-50-80 kg.ha⁻¹.año de N, P y K respectivamente promovieron la apertura floral más temprana; esto es 110 días desde el trasplante, mayores números de flores por planta 815,33; mayor número de frutos por planta 532,33, días a la cosecha esto fue a los 186 días luego del trasplante, mayor rendimiento kg de fruto/planta 69,95 (46 587,00 kg.ha⁻¹), porcentaje de pulpa 58,54 (Pereira, 2015). Es importante adicionar fuentes nutricionales de nitrógeno, calcio y fósforo en la etapa vegetativa de plantas de maracuyá para aumentar los contenidos relativos de clorofila en las hojas (Alzate y Melo, 2019).

Igualmente, la aplicación foliar de extractos de algas, dio como resultado un agrandamiento del área de asimilación de los cultivares de papa muy tempranos, pero no tuvo ningún efecto sobre el contenido de clorofila; estos bioestimulantes aumentaron la tolerancia al estrés abiótico y aumentaron el rendimiento del tubérculo comercializable (diámetro superior a 30 mm) 75 días después de la siembra (a fines de junio), en promedio, en 2.15 t.ha⁻¹, los extractos de algas produjeron mejores resultados en una estación de crecimiento cálida y muy húmeda (Wadas y Dziugiel, 2020).

Kocira *et al.* (2019), aplicaron biostimulantes en base a algas y aminoácidos en soja, determinando

que influyó sobre el nivel de fracciones de fibra y el contenido de hemicelulosa y celulosa, además las diferencias en el contenido de fracciones de fibra resultaron del número de dosis de bioestimulantes y su concentración; por otro lado, Lopriore *et al.* (2016) después de experimentar con bioestimulantes en albaricoques, concluyeron que no afectaron el crecimiento y productividad, las principales influencias se encontraron con respecto a los atributos cualitativos de las frutas tales como el contenido de sólidos solubles de manera positiva, sugiriendo que los efectos de los biostimulantes son 'dependientes del genotipo' y que probablemente las dosis y la programación de la aplicación deberían definirse con precisión en cada contexto agrícola; igualmente (Tarantino, *et al.*, 2018), suministraron bioestimulantes en albaricoque y determinaron que el porcentaje de fructificación, la productividad y los atributos cualitativos se vieron afectados principalmente por los crecimientos estacionales, destacando valores más altos de actividad antioxidante con respecto al control.

En cultivos como soja, los bioestimulantes estimularon el crecimiento y el rendimiento de las plantas sin comprometer sus propiedades nutricionales y nutracéuticas y en dosis altas fue favorable para la altura de la planta, el número de semillas y el rendimiento, mientras que a bajas dosis permitió obtener el mayor número de vainas (Kocira *et al.*, 2018); mientras que en frejol mejora el rendimiento y el potencial nutracéutico sin ningún efecto negativo en su calidad nutricional (Kocira *et al.*, 2017) y en cultivares de arroz tolerantes y susceptibles a la sal, el estrés salino puede manipularse mediante la aplicación de bioestimulantes y regular positivamente la respuesta fisiológica, bioquímica y de expresión génica (Khan *et al.*, 2018).

Los bioestimulantes tiene influencia en el contenido de microelementos en la cáscara y parte comestible de tubérculos de papa, aplicaciones por varios años dieron como resultado que las concen-

traciones de micronutrientes fueron menores en la parte comestible que en la cáscara, y las mayores diferencias se observaron en el contenido de Fe, además la cáscara y parte comestible de tubérculos de papa almacenados tratados con bioestimulantes se caracterizaron por concentraciones de Mn y una disminución menor en el contenido de Cu (Głosek-Sobieraj *et al.*, 2018).

El mercado actualmente se presenta atractivo para esta fruta, de tal manera que existen empresas nacionales que compran la fruta con fines de elaboración de bebidas refrescantes y uso fresco en mercados locales. Sin embargo, como se manifestó anteriormente, los productores aun no disponen de un adecuado paquete tecnológico para un buen manejo del cultivo, las prácticas inadecuadas sobre todo de fertilización, entre otras, hacen que los rendimientos estén por debajo del promedio nacional y mundial, lo cual no beneficia económicamente al productor. La fertilización es uno de los componentes esenciales dentro del esquema productivo de maracuyá; del grado de conocimiento y experiencia en esta práctica dependerá el éxito que se obtenga, más aún si es un cultivo semiperenne. El maracuyá es una alternativa válida para diversificación de la producción de frutales en la región Piura; permitirá incrementar los ingresos económicos de los agricultores, en base a la introducción de procesos de innovación tecnológica que incrementen la productividad, competitividad y rentabilidad del cultivo. Al implementar esta investigación, permitirá verificar el rendimiento de cada uno de los tratamientos de bioestimulantes con microelementos planteados.

Así, el objetivo de la investigación fue evaluar rendimiento, calidad y rentabilidad económica en el cultivo de maracuyá aplicando bioestimulantes con microelementos. Objetivo planteado para contribuir con los paquetes técnicos válidos para el referido cultivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio y Duración.

La investigación, se desarrolló en el en la parcela del productor Sr. Catalino Barboza, ubicada en el Centro Poblado Somate Alto, en el Caserío San Pedro y San Pablo – Somate Alto; provincia Sullana, región Piura, cuya ubicación geográfica es: 4°55'36" de latitud sur, 80°20'40" de latitud oeste y 147 m.s.n.m., de altitud. El experimento tuvo una duración de 15 meses. La fase de campo, comprendió los meses de marzo del 2018 a febrero del 2019 y la fase de procesamiento entre marzo a junio del 2019.

Universo, población y muestra

El universo fue la cantidad total de individuos presentes en el área experimental de los miembros de la especie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener, familia Passifloraceae, comprendió 2 000 plantas de maracuyá instaladas en un área de 2 hectáreas. La población estuvo conformada por 6 plantas por cada unidad experimental, y la muestra

experimental fueron 4 plantas centrales de cada unidad experimental, sobre las cuales se realizaron las observaciones experimentales para medir el efecto de los tratamientos.

Información meteorológica

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de la estación meteorológica Mallares del distrito de Marcavelica – provincia Sullana, donde se reportaron datos climatológicos de temperatura media mensual, precipitación, humedad relativa, horas de sol y evapotranspiración.

Análisis del suelo

Antes de la siembra, se tomaron 4 sub muestras del suelo a una profundidad de 30 cm, se homogenizaron y al final por el método del cuarto se obtuvo 1 kg como muestra representativa para el análisis físico-químico, el cual se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Piura.

Tratamientos en estudio

Estuvieron dados por las combinaciones de dos productos a base de algas marinas con efecto bioestimulante y contenido de microelementos, en diferentes dosis, de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1

Tratamientos en estudio

N°	Tratamiento	Dosis en kg.ha ⁻¹ *	Clave
1	Sin aplicación	00	T0
2	Fertimar	1 kg.ha ⁻¹	T1
3	Fertimar	1,5 kg.ha ⁻¹	T2
4	Stimplex-G	3 L.ha ⁻¹	T3
5	Stimplex-G	5 L.ha ⁻¹	T4

* Dosis referenciadas de acuerdo a las fichas técnicas de los productos a usar

Aplicación de los tratamientos

Previamente se realizó la prueba en blanco, que consistió en aplicar agua para determinar el gasto por cada unidad experimental. La aplicación se hizo con mochila manual de manera uniforme y cubriendo toda la planta. Se realizaron tres aplicaciones de los tratamientos, la primera a 60

días después de la siembra (dds), la segunda a 100 dds y la última al 90% de flores abiertas.

Diseño experimental

Se empleó el diseño Bloques Completos Al Azar (B.C.A) con 3 repeticiones, haciendo un total de 15 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo conformada por 6 plantas de maracuyá, de las cuales se evaluaron 4 plantas centrales. El análisis estadístico comprendió la prueba de Duncan al 0,05 de probabilidad con el uso del programa estadístico SASM.

Observaciones experimentales

Las evaluaciones se determinaron a la cosecha, durante los seis primeros recojas de fruto con madurez comercial (tres primeros meses de cosecha), para lo cual se tuvo en cuenta observación de parámetros de rendimiento (número de frutos por planta, peso de fruto, rendimiento (kg/planta), y parámetros de calidad (Índice de madurez, pH, acidez y sólidos solubles totales), para los tres últimos, se utilizó el método de ensayo: NMX-F-103-NORMEX-2010.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos meteorológicos de la zona en estudio

La Tabla 2 muestra los resultados climáticos que se manifestaron durante la conducción del experimento, los promedios de las temperaturas medias oscilaron 21,8 °C y 29,2 °C para los meses de julio del 2018 y febrero del 2019 respectivamente. La Humedad Relativa fluctuó entre rangos de 64 y 83%; la precipitación en general fue de 0,00 mm. La evapotranspiración registro sus picos más altos a partir de los meses de noviembre del 2018 hasta febrero del 2019, periodo en el que las plantas sufrieron estrés hídrico, considerando los 22 días de frecuencia de riego en el cultivo, en general los datos climatológicos presentaron rangos adecuados que no constituyeron problema para el crecimiento y desarrollo del cultivo (ECOFINSA, 2018).

Análisis del suelo del campo experimental

El suelo tuvo una clase textural Franco Arcilloso (arena 38%, limo 31% y arcilla 31%) adecuado para el cultivo (Malavolta, 1994). Tuvo 8,08 de pH, comprendido en el rango adecuado para el cultivo.

La materia orgánica y el nitrógeno total presentaron niveles bajos propios de los suelos calcáreos (FAO, 2019), para ello se aplicó urea de manera fraccionada durante el crecimiento; el fósforo y potasio se encontraron en un nivel medio, supliéndose con fosfato diamónico al inicio del periodo vegetativo dada la lenta descomposición y su poca movilidad. La conductividad eléctrica, fue de 0,91 dS.m⁻¹ considerada baja y no representó problemas de salinidad para el cultivo, sin embargo, Khan *et al.* (2018) demostraron que el estrés salino puede manipularse mediante la aplicación de bioestimulantes y regular positivamente la respuesta fisiológica, bioquímica y de expresión génica en otros cultivos como el arroz. La CIC tuvo un valor medio a alto con 23,17 cmol⁽⁺⁾. kg⁻¹, teniendo un gran potencial para retener e intercambiar nutrientes (INTAGRI, 2019). Calcáreo (CaCO₃) alto y que pudo traer deficiencias de Zn, B y Fe (FAO, 2019) pero fueron suplidos con la aplicación de los bioestimulantes con microelementos.

Tabla 2

Datos meteorológicos registrados durante el experimento

Año	Mes	Temperatura			H.R (%)	pp. (mm)	Evapo-transpiración
		Media	Máx.	Min.			
2018	Marzo	28,2	35,3	22,5	64	0,00	4,6
	Abril	27,5	34,3	21,6	67	0,18	4,4
	Mayo	24,6	30,7	19,6	76	0,05	3,8
	Junio	22,2	27,5	18,3	83	0,00	3,1
	Julio	21,8	27,2	18,0	82	0,00	3,1
	Agosto	22,4	28,5	18,2	81	0,00	3,3
	Setiembre	22,6	29,6	17,8	79	0,00	3,8
	Octubre	23,0	29,6	18,7	80	0,00	3,8
	Noviembre	24,5	30,8	20,0	81	0,04	4,1
	Diciembre	26,4	33,0	21,2	74	0,08	4,4
2019	Enero	28,7	34,9	23,9	70	0,10	5,2
	Febrero	29,2	34,9	24,4	71	1,26	4,0

Fuente: Estación Meteorológica Mallares, Distrito Marcavelica - Sullana.

Tabla 3
Resultados del análisis físico – químico del campo experimental

Determinación	Unidad	Resultado
Textura		Franco Arcilloso
Arena	%	38,0
limo	%	31,0
Arcilla	%	31,0
pH (1:2.5)		8,08
Materia orgánica	%	0,42
Nitrógeno total	%	0,02
Calcáreo (CaCO ₃)	%	5,11
Fósforo disponible	ppm P	9,00
Potasio asimilable	ppm K	180,0
Conductividad eléctrica	dS.m ⁻¹	0,91
C.I.C	cmol ⁽⁺⁾ . kg ⁻¹	23,17

Fuente: Análisis realizado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía – UNP.

Número de frutos por planta de maracuyá, que alcanzaron el grado de madurez comercial durante las seis primeras cosechas

El ANVA de la Tabla 4, indica que para efectos de bloques existe significación estadística. El coeficiente de variación fue de 9,83%. La prueba de Duncan al 0,05 Tabla 5, no detecta diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Los valores promedio fluctúan entre 35,6 y 46,0 frutos por planta correspondientes a los tratamientos T2 (Fertimar 1,5 kg.ha⁻¹) y T3 (Stimplex - G 3 L.ha⁻¹), respectivamente. Los nutrientes Mg, B, Zn, Fe, N, Ca y K presentes en el bioestimulante Stimplex, tiene influencia sobre el proceso fotosintético, que se traduce en una mayor formación de fotosintatos en el vegetal (Alzate y Melo, 2019), además de citoquininas que inducen la formación de yemas, lo que origina mayor número de ramas fruteras, produciéndose por ende mayor número de frutos por planta (Taiz y Zeiger, 2006); los bioestimulantes aumentan la tolerancia al estrés abiótico e incrementan el rendimiento en otros cultivos como papa (Wadas y Dziugiel, 2020) y número de vainas por planta en frejol (Kocira *et al.*, 2018). Los resultados superan a los obtenidos por (Macías, 2016) quien reportó 23 frutos de maracuyá/planta en promedio.

Tabla 4
Análisis de varianza para número de frutos por planta de maracuyá (seis primeras cosechas)

Fuente variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F	Sig
Bloques	2	17,81	8,91	4,36	*
Tratamientos	4	4,83	1,21	0,59	NS
Error	8	16,35	2,04		
Total	14	38,99			
C.V.		20,76%			

Tabla 5
Efecto de los tratamientos para número de frutos por planta de maracuyá (seis primeras cosechas)

Tratamiento	N° frutos/planta	Duncan al 0,05
T3 (Stimplex-G 3 L.ha ⁻¹)	46,0	a
T4 (Stimplex-G 5 L.ha ⁻¹)	44,0	a
T1 (Fertimar 1 kg.ha ⁻¹)	41,2	a
T0 (Sin Aplicación)	39,0	a
T2 (Fertimar 1,5 kg.ha ⁻¹)	36,5	a

Peso de frutos por planta en maracuyá (seis primeras cosechas)

El ANVA de la Tabla 6, no mostró diferencias significativas para tratamientos y bloques. El coeficiente de variación fue de 10,07%. La prueba de Duncan al 0,05; Tabla 7, establece que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, los cuales se comportan estadísticamente igual; pese a ello el menor valor fue 159,45 frutos por planta obtenido con el testigo, destacando el tratamiento T2 (Fertimar 1,5 kg.ha⁻¹) con 192,15 frutos; la composición nutricional de productos derivados de algas tales como auxinas, giberelinas, citoquinina, betaínas; macronutrientes P, K, Ca y micronutrientes como Zn, Fe, Cu, Mn, Co y Mo, suministradas a dosis adecuadas, es posible que hayan tenido influencia en aspectos fisiológicos de la planta, logrando ésta un uso eficiente de los nutrientes en los distintos procesos (fotosíntesis, síntesis de proteínas, carbohidratos, crecimiento y desarrollo de plantas (Begum *et al.*, 2018). Además, su composición protohormonal colabora en el desarrollo y crecimiento de la planta; éste factor nos permite mejorar la estructura de la planta, desarrollo radicular, floración, formación y acumulación de reservas en los frutos, etc. (PSW, 2019). Los resultados difieren con los obtenidos por (Macías, 2016; Román, 2016).

Tabla 6
Análisis de varianza para peso de frutos por planta de maracuyá (seis primeras cosechas)

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F	Sig
Bloques	2	352,82	176,41	0,57	NS
Tratamientos	4	1817,32	454,33	1,47	NS
Error	8	2468,00	308,50		
Total	14	4638,14			
		10,07			
C.V.		%			

Tabla 7
Efecto de los tratamientos para peso de frutos por planta de maracuyá (seis primeras cosechas).

Tratamiento	Peso de frutos (g)	Duncan al 0,05
T2 (Fertimar 1,5 kg.ha ⁻¹)	192,15	a
T4 (Stimplex-G 5 L.ha ⁻¹)	177,39	a
T3 (Stimplex-G 3 L.ha ⁻¹)	176,41	a
T1 (Fertimar 1 kg.ha ⁻¹)	167,03	a
T0 (Sin Aplicación)	159,45	a

Rendimiento de maracuyá en kg.ha⁻¹ (seis primeras cosechas)

El análisis de varianza Tabla 8, no mostró diferencias significativas para bloques y tratamientos, el coeficiente de variación fue de 25,97%. La prueba Duncan Tabla 9, establece que los tratamientos se comportan estadísticamente igual; el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento T3 con un valor de 8178,26 kg.ha⁻¹, influenciado directamente por el número de frutos; los aminoácidos presentes en el producto inducen la formación de proteínas y una consecuente formación de hojas y

ramas mejorando el proceso fotosintético y formación de carbohidratos (Taiz y Zeiger, 2006), además las citoquininas naturales encapsuladas en proteínas específicas (protohormonas glicosiladas) que al ingresar dentro de la planta, se liberan a través de un sistema de regulación natural, actuando eficientemente en diferentes lugares del vegetal (Química Suiza Industrial del Perú, 2018). De allí la importancia de aplicar extractos de algas porque promueven el crecimiento de las plantas, tienen efecto de mejora en la tolerancia de los cultivos al estrés abiótico, salinidad, extremas temperaturas, deficiencia de nutrientes y sequía agentes característicos de la región Piura; a razón de los componentes químicos entre los que incluyen polisacáridos complejos, ácidos grasos, vitaminas, fitohormonas y nutrientes minerales (Battacharyya *et al.*, 2015). Los resultados difieren de los reportados por (Macías, 2016).

Tabla 8
Análisis de varianza para rendimiento de maracuyá en kg.ha⁻¹ (seis primeras cosechas)

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.
Bloques	2	23989601,80	11994800,90
Tratamientos	4	6707428,82	1676857,20
Error	8	24466495,90	3558312,00
Total	14	59153526,50	
C.V.		25,97%	

Tabla 9
Efecto de los tratamientos para rendimiento de maracuyá en kg.ha⁻¹

Tratamiento	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	Duncan al 0,05
T3 (Stimplex-G 3 L.ha ⁻¹)	8178,26	a
T4 (Stimplex-G 5 L.ha ⁻¹)	7809,57	a
T1 (Fertimar 1 kg.ha ⁻¹)	7059,49	a
T2 (Fertimar 1,5 kg.ha ⁻¹)	7005,24	a
T0 (Sin Aplicación)	6267,25	a

Índice de madurez, sólidos solubles totales (°brix), pH de jugo y acidez

El ANVA de la Tabla 10 muestra que no existen diferencias significativas (NS) tanto para efecto de

bloques como para tratamientos en los parámetros sólidos solubles totales, pH de jugo y acidez; los coeficientes de variabilidad fueron de 4,41%, 1,93% y 8,79% respectivamente. El índice de madurez mostró significación estadística (*) para bloques y no significancia para tratamientos, el coeficiente de variación fue de 11,10%. La prueba Duncan de la Tabla 11, muestra el comportamiento estadístico similar de los tratamientos en índice de madurez y sólidos solubles totales, siendo el T4 con mayor valor numérico en índice de madurez (4,65) y el testigo con 16,17°brix, dato similar al obtenido por (Pereyra, 2015; Macías, 2016); mientras que para pH de jugo el testigo es similar a los tratamientos T3 y T2, pero solo el testigo supera al T1 y T4; para acidez existe un comportamiento estadístico similar para el T2, T1, T3 y testigo, pero sólo el T1 y T2 superan al T4.

Los datos obtenidos permiten establecer que el índice de madurez tiene relación directa con el porcentaje de sólidos solubles totales (SST) e inversa con la acidez titulable; la relación directa con los SST se explica por la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales tales como almidón, pectinas de la pared celular hasta sus componentes monoméricos, básicos, por lo cual se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa que son los constituyentes principales de los sólidos solubles totales (Torres y Andrade, 2017). La relación inversa con respecto al pH y la acidez titulable se debe a la presencia de un sistema de autorregulación del pH, resultado del efecto amortiguador del ácido cítrico, como ha sido descrito para diversos frutos, este ácido alifático, tiende a convertirse en la sal correspondiente, dando como resultado el efecto amortiguador de la solución en la región de sus valores de pKa, disminuyendo la acidez aproximadamente en un 50% (Menéndez *et al.*, 2006).

Por otro lado, se tiene reportes de aplicación de bioestimulantes en frutales (albariñoques) donde las principales influencias encontradas, fueron con respecto a los atributos cualitativos de las frutas tales como el contenido de sólidos solubles de manera positiva (Lopriore *et al.*, 2016).

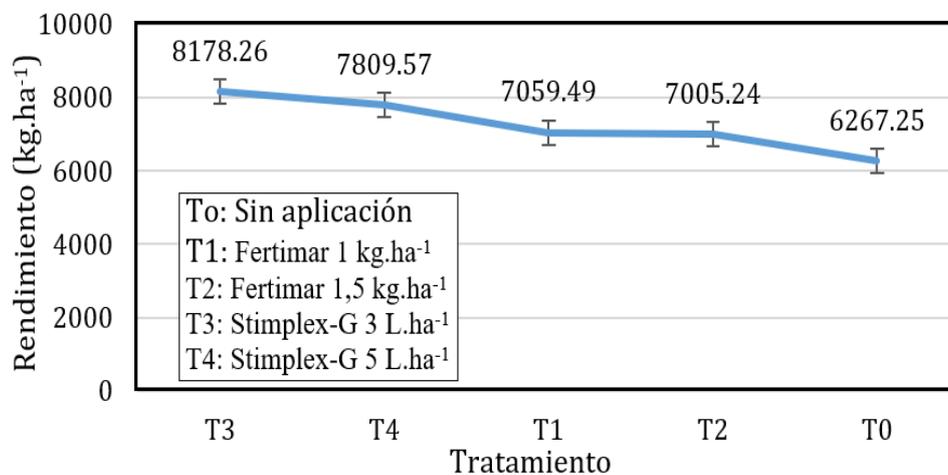


Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento en maracuyá (seis primeras cosechas).

Tabla 10

Análisis de varianza para sólidos solubles totales, pH y acidez de jugo de maracuyá

Fuente de variabilidad	G.L.	Índice de madurez			Sólidos Solubles Totales			pH de jugo			Acidez de jugo		
		S.C	C.M	F	S.C.	C.M.	F	S.C	C.M	F	S.C	C.M	F
Bloques	2	2,18	1,09	4,76 *	0,47	0,23	0,48 NS	0,01	0,01	1,26 NS	0,99	0,50	4,36 NS
Tratamientos	4	1,25	0,31	1,36 NS	1,52	0,38	0,78 NS	0,05	0,01	2,99 NS	1,39	0,35	3,06 NS
Error	8	1,83	0,23		3,89	0,49		0,03	0,00		0,91	0,11	
Total	14	5,26			5,87			0,09			3,29		
C.V		11,10%			4,41%			1,93%			8,79%		

Tabla 11

Efecto de los tratamientos para índice de madurez, sólidos solubles totales, pH y acidez de jugo de maracuyá

Tto.	Índice madurez	Duncan Al 0,05	Tto.	Sólidos solubles totales (°brix)	Duncan al 0,05	Tto.	pH	Duncan al 0,05	Tto.	Acidez	Duncan al 0,05
T4	4,65	a	T0	16,17	a	T0	3,29	a	T2	4,14	a
T1	4,57	a	T3	16,07	a	T4	3,24	ab	T1	4,08	a
T0	4,36	a	T2	15,90	a	T3	3,17	ab	T3	3,92	ab
T3	4,11	a	T1	15,60	a	T1	3,15	b	T0	3,75	ab
T2	3,87	a	T4	15,30	a	T2	3,14	b	T4	3,29	b

To: Sin aplicación; T1: Fertimar 1 kg.ha⁻¹; T2: Fertimar 1,5 kg.ha⁻¹; T3: Stimplex-G 3 L.ha⁻¹; T4: Stimplex-G 5 L.ha⁻¹**Tabla 12**

Análisis económico de los tratamientos en estudio. Cultivo maracuyá

Tto*	Costo/tto. (S/.)	Costo producción (S/.)	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	Valor bruto producción (S/.)	Utilidad (S/.)	Relación B/C
T0	0	3993	6267,25	5577,86	1584,86	0,39
T1	50	4043	7059,49	6282,95	2239,95	0,55
T2	75	4068	7005,24	6234,66	2166,66	0,53
T3	540	4533	8178,26	7278,65	2745,65	0,61
T4	900	4893	7809,57	6950,52	2057,52	0,42

*To: Sin aplicación; T1: Fertimar 1 kg.ha⁻¹; T2: Fertimar 1,5 k.ha⁻¹; T3: Stimplex-G 3 L.ha⁻¹; T4: Stimplex-G 5 L.ha⁻¹.

Costo de producción S/. 3993,00; Costo de Fertimar (1 kg) S/. 50,00; Costo de Stimplex-G (1L)

S/. 180,00; Precio venta de maracuyá (1 kg) S/. 0,89.

Análisis económico

El tratamiento de más alta rentabilidad de acuerdo a la Tabla 12, fue el T3, con una relación beneficio-costado de 0,61, esto quiere decir que por cada sol invertido se obtienen 0,61 soles de utilidad. El menor valor le corresponde al tratamiento T0, que

es el tratamiento sin aplicación con un valor de 0,39, el cual fue superado por el resto de los tratamientos, con ello se demuestra que los productos bioestimulantes a base de aminoácidos y microelementos son económicamente rentables frente al control sin aplicación.

CONCLUSIONES

El mejor tratamiento fue el T3 (3 L.ha⁻¹ de Stimplex-G), lográndose un rendimiento de 8 114,86 kg.ha⁻¹ de fruta de maracuyá en las seis primeras cosechas. El mismo efecto se produjo para el número de frutos por planta con un valor de 46 frutos. Los productos bioestimulantes con microelementos aplicados al cultivo de maracuyá tuvieron efecto

significativo sobre el volumen de jugo en frutos de maracuyá. El Tratamiento de más alta rentabilidad económica fue el T3 (3 L.ha⁻¹ de Stimplex - G), con una relación beneficio/costo de 0,61. Se recomienda repetir el experimento incluyendo otras dosis y en otras zonas donde se cultiva maracuyá.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzate, H.; Melo, R. 2019. Evaluación de dos fuentes nutricionales en un cultivo de gulupa (*Passiflora edulis fedulis*. Sims.) bajo las condiciones del municipio de Pacho Cundinamarca. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Del Medio Ambiente - Bogotá D.C.
- Battacharyya, D.; Babgohari, MZ; Rathor, P.; Prithiviraj, B. 2015. Extractos de algas marinas como bioestimulantes en horticultura. *Sci. Hort.* 196: 39-48.
- Begum, M., Bordoloi, BC, Singha, DD y Ojha, NJ. 2018. Papel del extracto de algas marinas en el crecimiento, rendimiento y calidad de algunos cultivos agrícolas: una revisión. *Revisiónes agrícolas* 39(4): 321-326.
- Cañizares, A.; Jaramillo, E. 2015. El Cultivo de Maracuyá en Ecuador. Universidad de Machala, Machala - Ecuador.
- CENTA- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 2018. Disponible en: <http://www.centa.gov.sv/2015/>
- ECOFINSA. 2018. Obtenido de Origen y Condiciones ambientales del maracuyá; disponible en: <http://www.ecofinsa.com/maracuya.html>
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos - Cuarta edición. Roma.
- Głosek-Sobieraj, M.; Cwalina-Ambroziak, B.; Wierzbowska, J. y Waśkiewicz, A. 2018. The influence of biostimulants on the microelement content of tubers in selected potato cultivars. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 17(6): 37-48.
- Fornes, F.; Sanchez-Perales, J.; Guardiola. 2002. Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' clementine mandarin and Navelina orange. *Botánica Marina* 45: 486-489.

- Hong, Y.; Chen, H.; Lin, CH. 1995. Analysis of auxin and cytokinin activity of commercial aqueous seaweed extract. *Gartenbauwissenschaft* 60: 191-194.
- INTAGRI. 2019. Funciones del potasio en la nutrición vegetal. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>.
- Khan, M.S.; Pandey, M.K.; Hemalatha, S. 2018. Estudios comparativos sobre el papel del bioestimulante orgánico en cultivos resistentes y susceptibles de arroz cultivado bajo estrés salino - Bioestimulante orgánico alivia el estrés salino en cultivos de arroz tolerantes y susceptibles. *J. Crop Sci. Biotecnología* 21: 459-467.
- Kocira, A.; Kocira, S.; Świeca, M.; Złotek, U.; Jakubczyk, A.; y Kapela, K. 2017. Efecto de la aplicación foliar de un bioestimulante a base de nitrofenolato sobre el rendimiento y la calidad de dos cultivares de frijol. *Scientia Horticulturae* 214: 76-82.
- Kocira, S.; Szparaga, A.; Kocira, A.; Czerwińska E.; Wójtowicz, A.; Bronowicka-Mielniczuk, U.; Milan Koszel, M.; y Findura, P. 2018. Modeling Biometric Traits, Yield and Nutritional and Antioxidant Properties of Seeds of Three Soybean Cultivars Through the Application of Biostimulant Containing Seaweed and Amino Acids. *Front. Plant Sci.* 9: Art. 388.
- Kocira, S.; Szparaga, A.; Kocira, A.; Depo, E.; Erlichowska, B.; Deszcz, E. 2019. Efecto de la aplicación de un bioestimulante que contiene algas y aminoácidos sobre el contenido de fracciones de fibra en tres cultivares de soja. *Legume Research-An International Journal* 42: 341-347.
- Lopriore, G.; Lops, G.; Tarantino, A. 2016. Comportamiento vegetativo y calidad del fruto de dos cultivares de albaricoque, 'Orange Rubis ® ' y 'Farbaly ® ', según la influencia de diferentes bioestimulantes. *ISHS Acta Horticulturae* 1242: III Simposio Internacional sobre Horticultura en Europa - SHE2016.
- Macías, M. 2016. Efectos de aplicación de macro y microelementos en el cultivo de maracuyá *Passiflora edulis* Fv INIAP 2009. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil - Ecuador.
- Malavolta. 1994. Nutrición y fertilización del maracuyá. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fosforo). 52 pp.
- Medjdoub, R. 2020. Las algas marinas y la agricultura. División agrícola Catsaigner Diego Hermanos S.A.
- Menéndez, O.; Evangelista, S.; Arenas M.; Bermúdez K.; Martínez, A.; Jiménez, A. 2006. Cambios en la actividad de amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuyá (*Passiflora edulis* var *flavicarpa* degener). *Interciencia* 728-733.
- Pereira, V. 2015. Estudio a la aplicación de tres frecuencias y dos dosis de NPK más una fórmula de fertilizante foliar en el cultivo de maracuyá (Doctoral dissertation, Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil. Guayas-Ecuador).
- PSW S.A. 2018. Fichas técnicas de productos comerciales. Bioestimulantes FERTIMAR.
- Química Suiza Industrial del Perú S.A. 2018. Fichas técnicas de productos comerciales. Química Suiza Industrial del Perú S.A.
- Román, H. 2016. Efecto del uso de fitohormonas y fertilización con boro sobre la nutrición, producción y calidad del fruto de maracuyá *Passiflora edulis* Fv. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.
- Arthur, G.; Stirk, W.; Vanstaden, J. 2003. Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annum*. *South African Journal of Botany* 69: 207-211.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2006. Fisiología Vegetal. Universitat Jaume I. Publicacions, ed. III. 580 pp.
- Tarantino, A.; Lops, F.; Disciglio, G.; Lopriore, G. 2018. Efectos de los bioestimulantes de las plantas sobre el conjunto de frutos, el crecimiento, el rendimiento y los atributos de calidad del fruto del cultivar de albaricoque 'Orange rubis®' (*Prunus armeniaca* L.) en dos años consecutivos. *Scientia Horticulturae* 239: 26-34.
- Torres, R.; Montes J.; Perez, E.; Andrade, R. 2017. Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Inf. tecnol.* 24(3): 51-56.
- Wadas, W.; Dziugiel, T. 2020. Cambios en el área de asimilación y el contenido de clorofila de cultivares muy tempranos de papa (*Solanum tuberosum* L.) como influenciados por bioestimulantes. *Agronomy* 10(3): 387.
- Zurawicz, E.; A., Mazny; Basak, A. 2004. Productivity stimulation in strawberry by application of plant Bio regulators. *ISHS Acta Horticulturae* 653: 155-160.