



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Evaluación de un sistema acuapónico para girasol (*Helianthus annus L.*) Var. Vincent Choice y su estimulación mediante fertilización foliar con *Chlorella sp.* Biotipo III

Calvachi Quintanilla, Kevin Oscar

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de ingeniero agropecuario

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.

15 de agosto del 2022

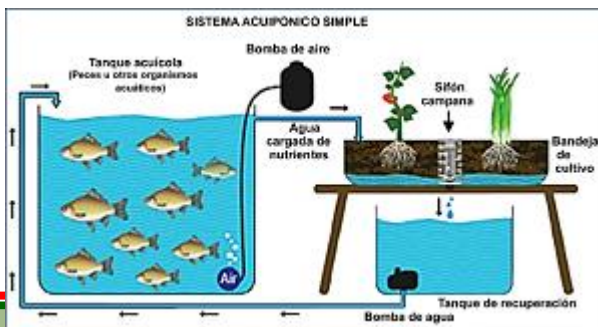




La acuaponía es un sistema en el cual se integra la producción acuícola e hidropónica dentro de un mismo sistema, donde las excretas producidas por los peces son asimiladas por las plantas



el Ecuador existen dos tipos de cultivo de girasol, el primero utilizado para aceite comestible y harinas, y el segundo la variedad ornamental. Se considera que toda la producción de girasol ornamental (*Helianthus annuus*) se centraliza en la provincia de Pichincha.





La acuaponía presenta varias ventajas al evaluarlos frente otros sistemas de producción, aun sistema acuapónico se lo describe como un sistema de recirculación, donde se controlan los nutrientes residuales procedentes de las excretas, por ende, reduce el uso de fertilizantes inorgánicos.



Las microalgas como *Chlorella vulgaris* mejoran las reacciones fisiológicas de los cultivos lo cual conduce un buen desarrollo de los mismos, a su vez aumenta significativamente el peso fresco y seco de plántulas, así como su contenido de pigmentos.



La *Chlorella* como biofertilizante es un promotor de crecimiento como son las citoquininas, y a su vez un complemento adecuado para realizar cosechas orgánicas y saludables, asegurando la producción de productos, así como la protección del medio ambiente y recursos naturales



## Objetivo General

Valorar un sistema acuapónico para girasol (*Helianthus annus* L.) Var. Vincent Choice y su estimulación mediante fertilización foliar con *Chlorella* sp. Biotipo III.

## Objetivos Específicos

- Evaluar los procesos nitrificantes de un consorcio bacteriano en un sistema acuapónico tipo balsa flotante.
- Evaluar la acción de *Chlorella* biotipo III como fertilizante foliar sobre la productividad del cultivo de girasol dentro de un sistema acuapónico tipo balsa flotante.
- Determinar la acumulación de macro y microelementos en girasoles en etapa de floración dentro de un sistema acuapónico tipo balsa flotante.



## EL GIRASOL (*Helianthus annuus* L.)

Cultivo de gran importancia a nivel mundial para la industria por sus semillas, como forraje y por sus flores.

Para el cultivo del girasol oleaginoso y el forrajero, se suele buscar plantas con capítulos grandes con una alta producción de semillas y en el forrajero además se busca un alto peso de la planta

En el ornamental se busca un capítulo no muy grande, diámetros inferiores a 7 u 8 centímetros se consideran adecuados para estos fines.



## Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

En el Ecuador inicio a principios de los años treinta, gracias a un convenio entre Ecuador y Canadá, mediante el cual se seleccionaron varios ríos y lagos de la región interandina con el fin de introducir en estas zonas el cultivo de la especie

La trucha arcoíris se caracteriza por presentar colores llamativos los cuales varían de acuerdo con su edad, hábitat y condición sexual. Las hembras son capaces de producir hasta 2 000 huevos/kg de peso corporal. Las hembras no suelen desovar naturalmente en sistemas de cultivos de truchas, por ende, los huevos son desovados artificialmente de peces reproductores de alta calidad cuando están totalmente maduros

Parámetro	Valor
Turbidez	< 400 mg/lit
Color	Aguas claras
Temperatura	9 - 11 °C para reproducción y 11 - 15 °C para crecimiento y engorde
Oxígeno disuelto	Óptimo 6,5 - 10 ppm
Anhídrido carbónico	Óptimo 2 ppm
pH	Óptimo 6,5 - 8,5
Alcalinidad	20 - 200 ppm
Amoniaco	< 0,02 ppm
Dureza	60 -300 ppm
Nitrito	0,055 ppm
Nitrato	< 100 ppm
Fosfato	< 500 ppm
Mercurio	0,05 ppm



## Acuaponía

Es un método de cultivo intensivo conformado por un sistema de producción integrada de peces y de cultivos hidropónicos en el que los desechos resultantes del metabolismo de los peces son asimilados por bacterias, que posteriormente van a generar nutrientes que aporten al crecimiento y desarrollo de las plantas.

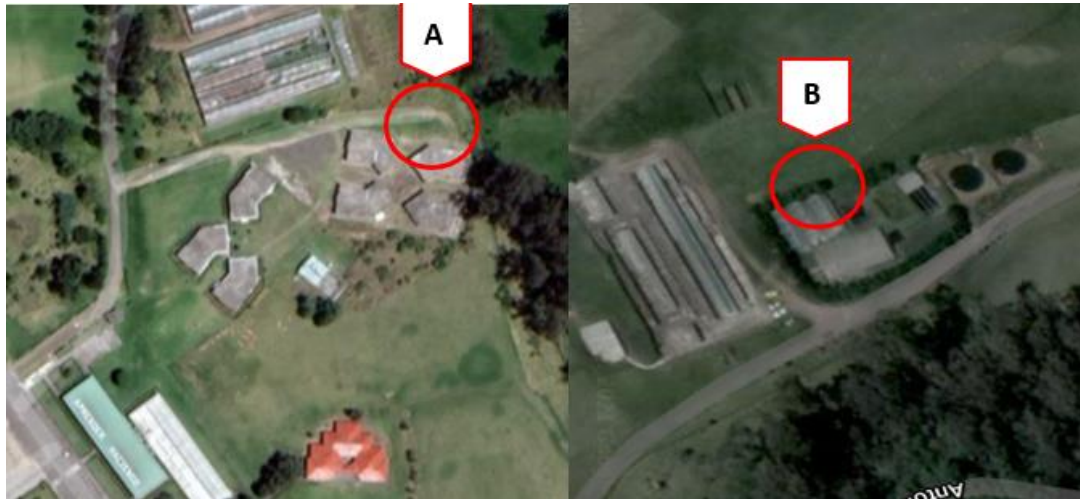
Estos sistemas de recirculación están constituidos por cinco elementos fundamentales los cuales son: un tanque que alberga a los peces, un tanque sedimentador, un biofiltro, un componente hidropónico, y una bomba de sumidero

Los factores que intervienen en la liberación de nutrientes por parte de los peces son: la especie del pez, la densidad de cultivo, la temperatura y el tipo de plantas del sistema



## Ubicación del trabajo de investigación

**Figura 1.** Vista satelital del área de desarrollo del proyecto.



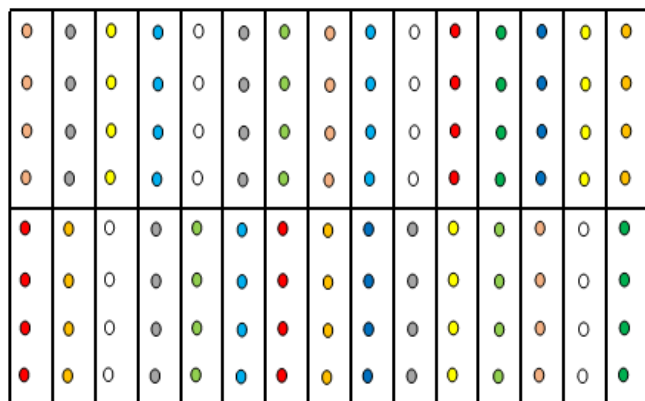
**Provincia:** Pichincha  
**Cantón:** Rumiñahui  
**Sector:** San Fernando  
**Latitud:** 0°25'23.66"S  
**Longitud:** 78°24'44"W

*Nota: A) Laboratorio de acuacultura, B) Proyecto acuícola Pailones (Google Maps, 2022)*





Figura 2. Croquis del Diseño experimental



- = T1 (ChB3D100%F8)
- = T6 (ChB3D50%F15)
- = T2 (ChB3D100%F15)
- = T7 (ChB3D25%F8)
- = T3 (ChB3D75%F8)
- = T8 (ChB3D25%F15)
- = T4 (ChB3D75%F15)
- = T9 (ChB3D0%F8)
- = T5 (ChB3D50%F8)
- = T0 (ChB3D0%F15)

El modelo matemático fue:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ij}$$

El experimento se dispuso en un Diseño Completamente al Azar (DCA) 5x2 con 4 repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo conformada por 4 plantas de girasol.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos del experimento

Tratamiento	Descripción	Código
T1	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 100% cada 8 días	ChB3D100%F8
T2	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 100% cada 15 días	ChB3D100%F15
T3	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 75% cada 8 días	ChB3D75%F8
T4	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 75% cada 15 días	ChB3D75%F15
T5	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 50% cada 8 días	ChB3D50%F8
T6	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 50% cada 15 días	ChB3D50%F15
T7	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 25% cada 8 días	ChB3D25%F8
T8	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 25% cada 15 días	ChB3D25%F15
T9	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 0% cada 8 días	ChB3D0%F8
T10	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 0% cada 15 días	ChB3D0%F15

Nota: Tratamientos, dosis y frecuencia de aplicación.



## Adecuación del sistema acuapónico



## Masificación de *Chlorella* Biotipo 3



# RESULTADOS

## Condiciones Físicoquímicas del agua del sistema acuapónico

*Media ± desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros físicoquímicos del agua de los componentes del sistema acuapónico.*

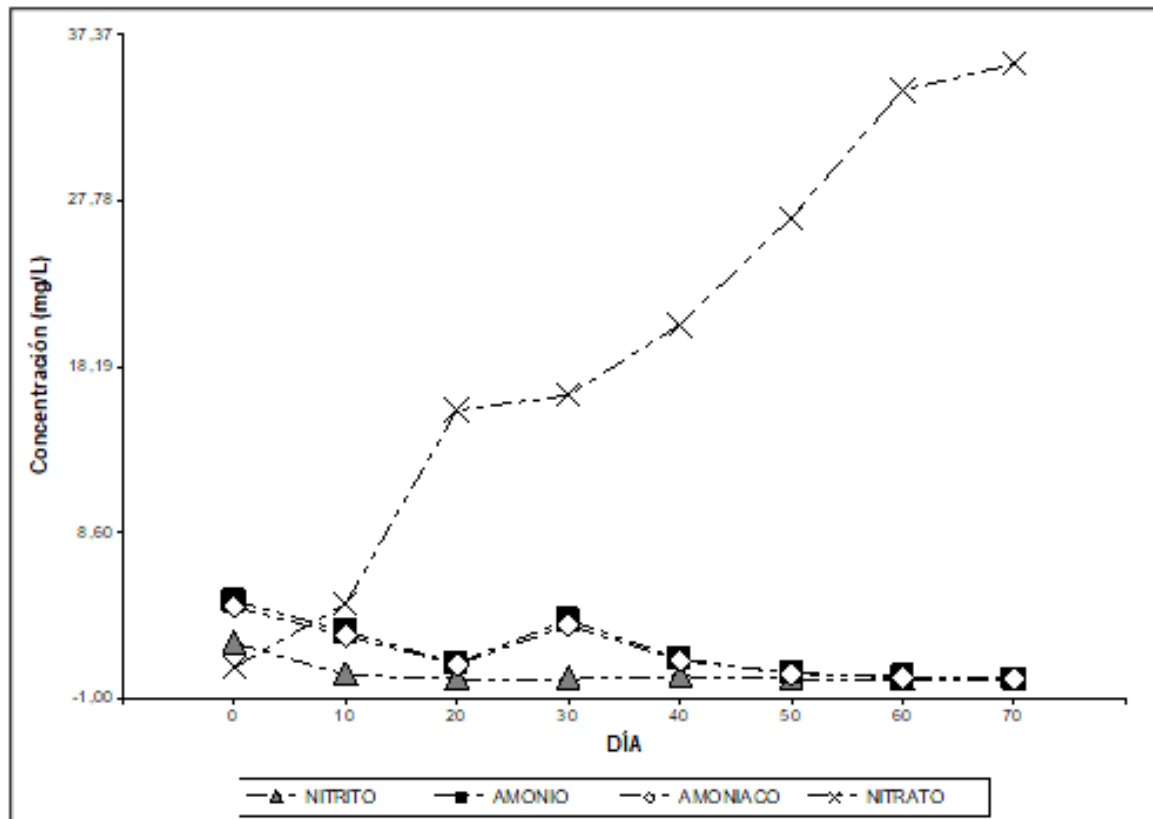
Parámetro	Parámetros								
	Biofiltro			Tanque de peces			Tanque de plantas		
	Media ± D.E	Min	Max	Media ± D.E	Min	Max	Media ± D.E	Min	Max
Temperatura (°C)	14,1 ± 1,29	10,4	19,1	13,5 ± 1,34	12,6	18,1	13,4 ± 1,14	13,2	18,3
pH	7,12 ± 0,11	6,4	7,9	6,94 ± 0,31	6,3	7,8	7,05 ± 0,27	6,6	7,5
Conductividad (uS.cm <sup>-1</sup> )	181,23 ± 22,91	140,21	217,12	205,12 ± 13,71	184,63	224,65	223,93 ± 86,45	194,27	259,11
Oxígeno(mg.L <sup>-1</sup> )	8,84 ± 0,45	8,2	9,46	10,98 ± 0,46	7,44	13,13	11,50 ± 0,51	6,24	14,25
Sólidos(mg.L-1)	198,26 ± 36,43	146,33	215,22	210,11 ± 35,41	188,45	224,31	207,36 ± 14,45	195,2	250,17

La temperatura se mantuvo en un rango promedio de 13 a 14 °C; el pH en 7; la conductividad eléctrica se mantuvo en un rango de 181.23 uS.cm<sup>-1</sup> a 223.93 uS.cm<sup>-1</sup>; el oxígeno disponible mantuvo un rango de 8.84 mg.L<sup>-1</sup> a 11.50 mg.L<sup>-1</sup>; la cantidad de sólidos disueltos en un rango de 198.26 mg.L<sup>-1</sup> a 210.11 mg.L<sup>-1</sup>.



## Proceso de nitrificación del sistema acuapónico

Concentración de nitritos, nitratos, amonio y amoniaco del sistema acuapónico



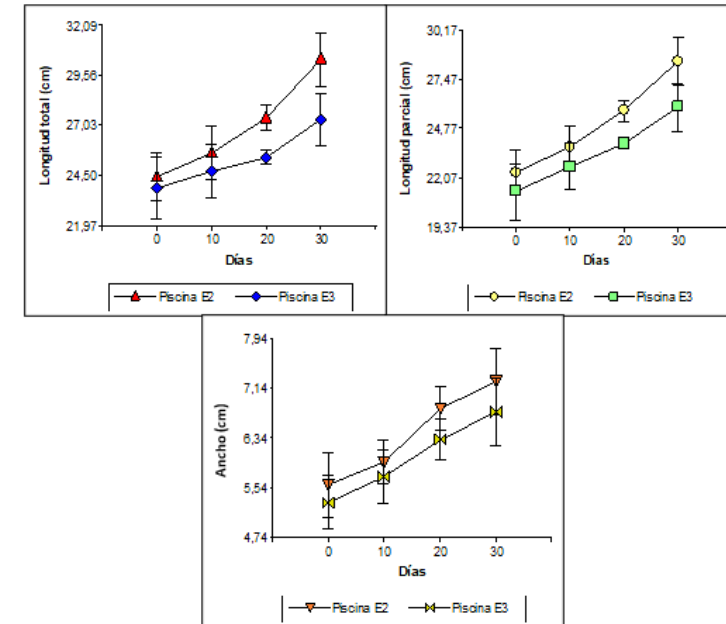
Los nitratos tuvieron un incremento de  $0.748 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $35.63 \text{ mg.L}^{-1}$  a lo largo del tiempo; los nitritos, amonio y amoniaco tuvieron un decrecimiento de  $2.15 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $0.081 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $4.615 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $0.078 \text{ mg.L}^{-1}$  y  $4.26 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $0.078 \text{ mg.L}^{-1}$  respectivamente

# RESULTADOS

## Condiciones Fisicoquímicas del agua del sistema acuapónico

Media  $\pm$  desviación estándar de la longitud total, longitud parcial, ancho e índice de condición corporal

Piscina	Día	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud parcial (cm)	Ancho (cm)	ICC
E2	0	171,3 $\pm$ 0,63	24.41 $\pm$ 1.21	22.33 $\pm$ 1.28	5.59 $\pm$ 0.52	1.17
	10	198.96 $\pm$ 0.54	25.64 $\pm$ 1.35	23.76 $\pm$ 1.18	5.96 $\pm$ 0.35	1.18
	20	227.65 $\pm$ 0.67	27.4 $\pm$ 0.63	25.76 $\pm$ 0.58	6.82 $\pm$ 0.34	1.10
	30	249,14 $\pm$ 0,00	29.07 $\pm$ 1.32	28.43 $\pm$ 1.3	7.26 $\pm$ 0.54	1.02
E3	0	168,41 $\pm$ 0,57	23.86 $\pm$ 1.57	21.29 $\pm$ 1.55	5.29 $\pm$ 0.43	1.23
	10	186.37 $\pm$ 0.26	24.71 $\pm$ 1.37	22.67 $\pm$ 1.25	5.71 $\pm$ 0.43	1.23
	20	214.35 $\pm$ 0.35	25.42 $\pm$ 0.36	23.97 $\pm$ 0.34	6.32 $\pm$ 0.33	1.30
	30	238,27 $\pm$ 0,00	27.34 $\pm$ 1.32	25.93 $\pm$ 1.3	6.76 $\pm$ 0.54	1.16



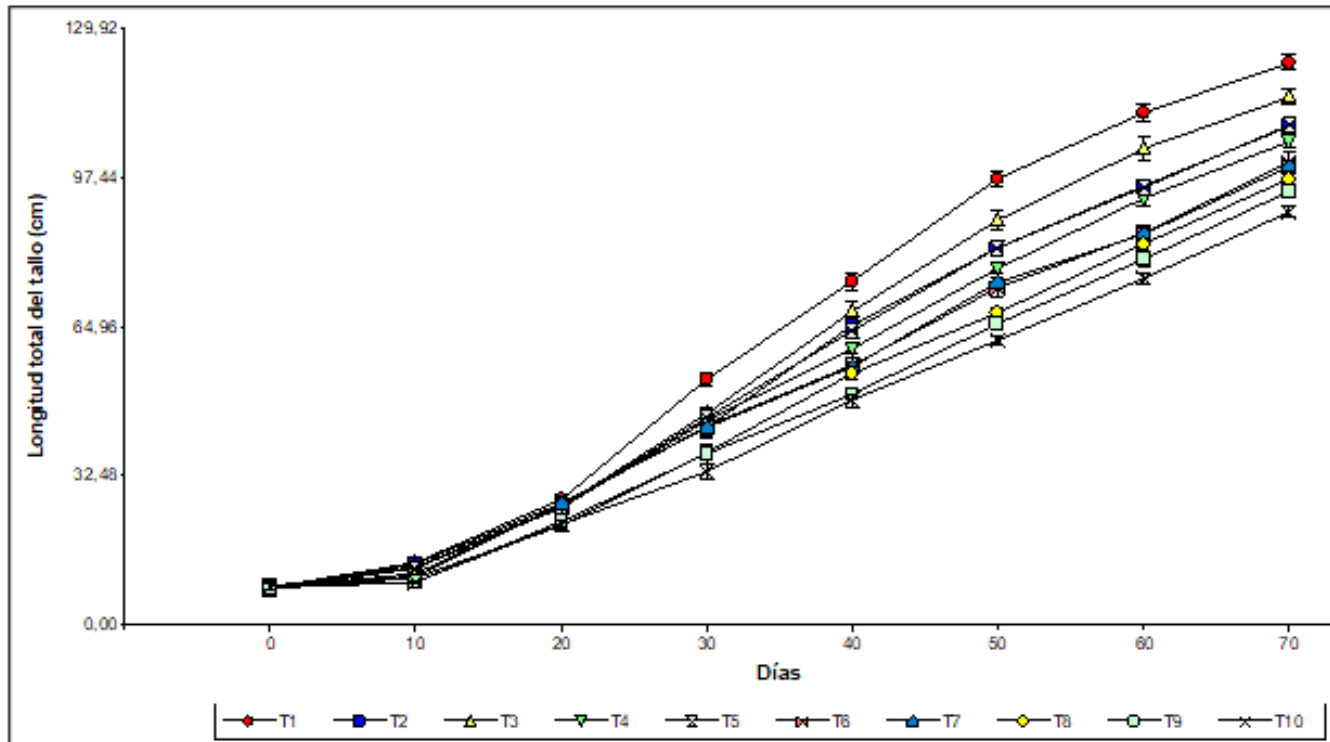
Se obtuvo una ganancia de peso de 77.84 g para E2, mientras que para E3 es de 69.86 g. Para la longitud total en obtuvo un crecimiento total de 4.66 cm; mientras que para E3 se obtuvo un crecimiento total de 3.48 cm. Para la longitud parcial en E2 se obtuvo un crecimiento total de 6.1 cm; mientras que para E3 de 4.64 cm.

Para el ancho E2 tuvo un aumento de 1.67 cm para E3 tuvo un aumento de 1.47. Finalmente, para el índice de condición corporal E2 empezó con un ICC de 1.17 en el día 0 y finalizó con un ICC de 1.02 en el día 30; mientras que para E3 empezó con un ICC de 1.23 en el día 0 y finalizó con un ICC de 1.16 en el día 30.



## Longitud del Tallo (cm)

Evolución de la variable longitud del tallo de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días

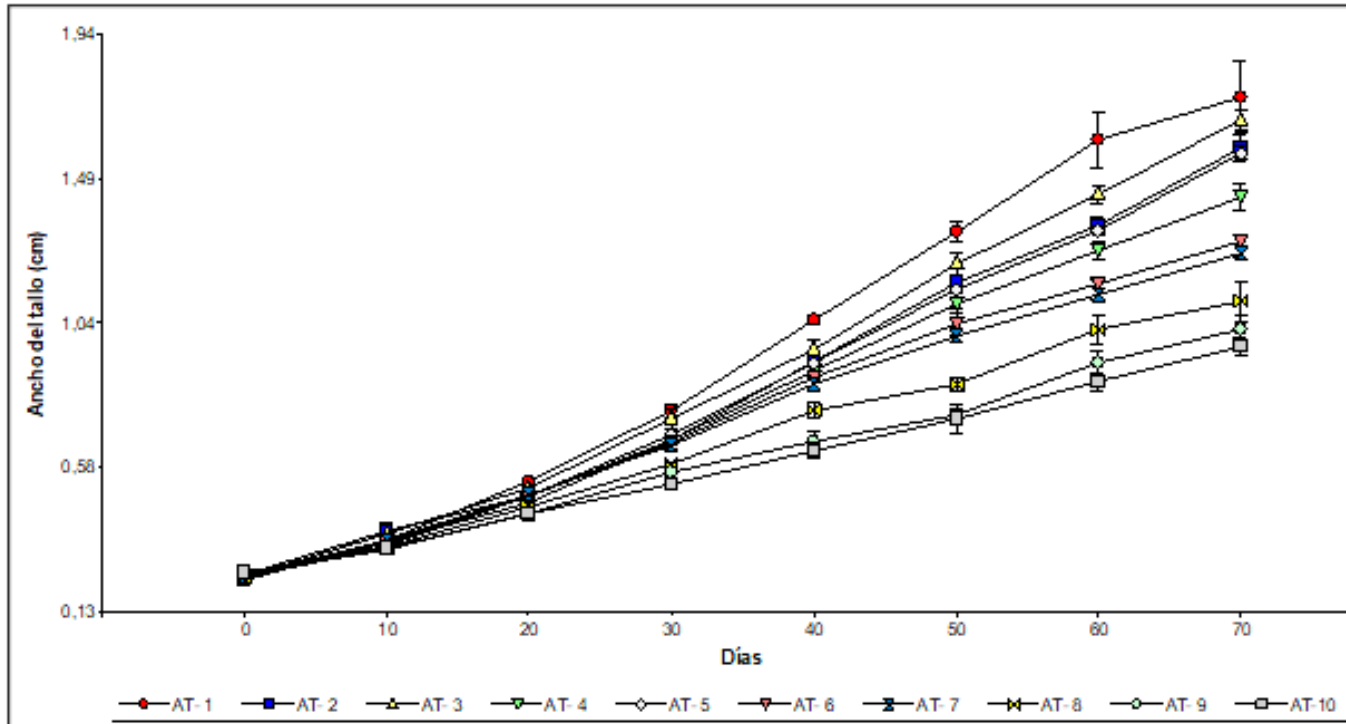


El tratamiento T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y el tratamiento T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron una mayor longitud del tallo con respecto al resto de tratamientos con una longitud total final media de  $(122,5 \pm 1,6)$  cm para T1 y  $(115 \pm 1,69)$  cm para T3. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron las menores longitudes de tallo con  $(94,35 \pm 0,79)$  cm y  $(89,97 \pm 1,14)$  cm respectivamente.

# RESULTADOS

## Ancho del tallo (cm)

*Evolución de la variable ancho del tallo de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días*

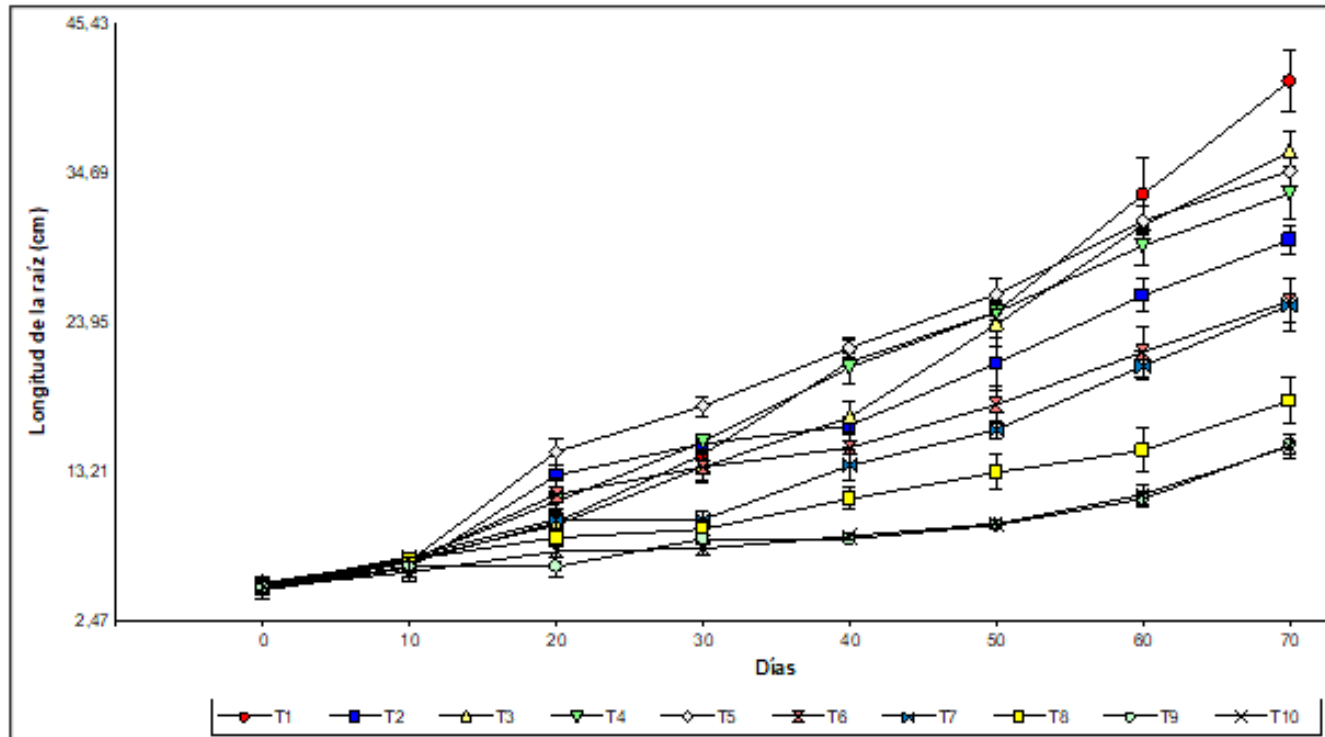


El tratamiento T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días y el tratamiento T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron un mayor ancho del tallo, con una media del ancho total de  $(1,74 \pm 0,11)$  cm para T1 y  $(1,67 \pm 0,03)$  cm para T3 con respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron el menor ancho de tallo con  $(1,01 \pm 0,04)$  cm y  $(0,96 \pm 0,03)$  cm respectivamente.

# RESULTADOS

## Longitud de la raíz

*Evolución de la variable longitud de la raíz de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días*

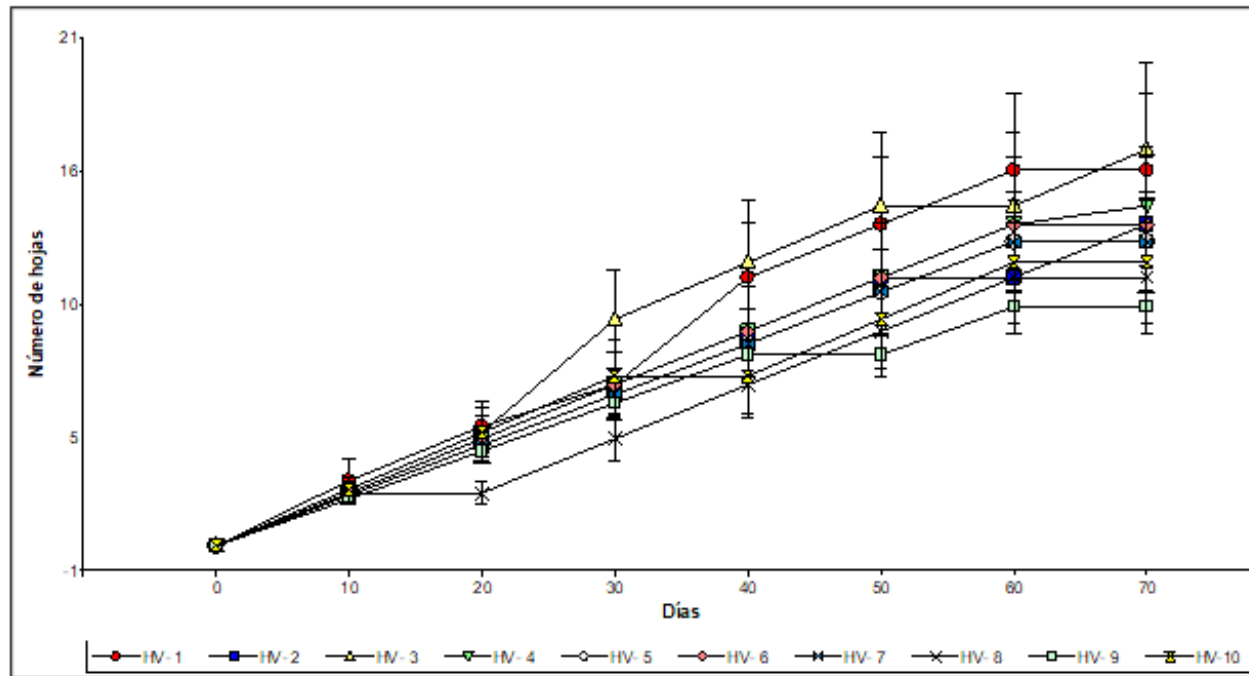


Las mayores longitudes radiculares alcanzadas las presentaron los tratamiento T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días con una media de  $(41,27 \pm 2,2)$  cm, seguido del tratamiento T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días con una media de  $(36,14 \pm 1,56)$  cm con respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron la menor longitud de raíz con  $(15,13 \pm 0,66)$  cm y  $(14,97 \pm 0,85)$  cm respectivamente.



## Número de hojas

*Evolución de la variable número de hojas de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días*

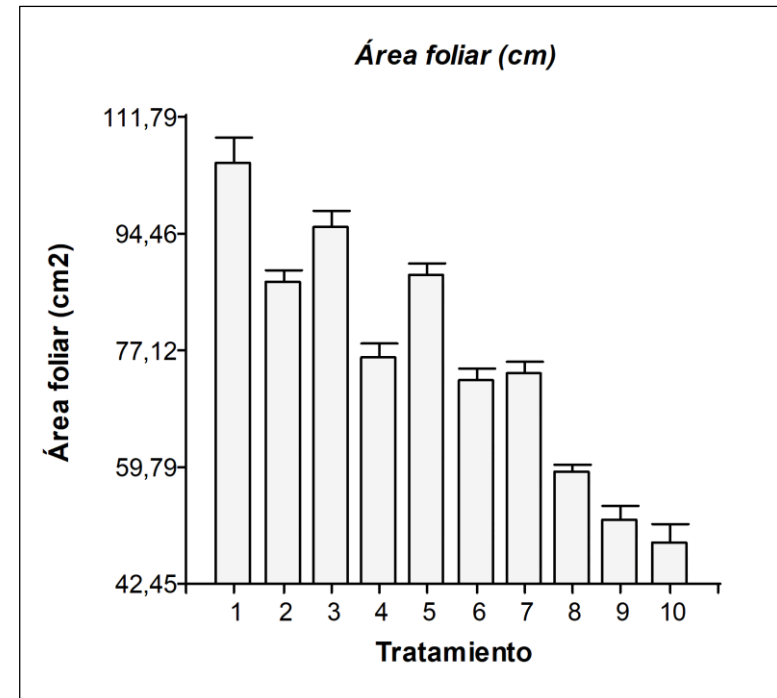


Los tratamientos T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días y T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días presentaron el mayor número de hojas con una media de  $(16,63 \pm 3,62)$  y  $(15,75 \pm 3,24)$  hojas respectivamente. Los tratamientos T8: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 25% cada 15 días y T19 (testigo) presentaron el menor número de hojas con  $(11,25 \pm 2,31)$  y  $(10,00 \pm 0,00)$  hojas respectivamente.

## Área foliar

Tratamiento	Media $\pm$ D.E
T1: Chl100, 8d	105 $\pm$ 3,64 <sup>a</sup>
T2: Chl100, 15d	87,17 $\pm$ 1,86 <sup>c</sup>
T3: Chl75, 8d	95,5 $\pm$ 2,37 <sup>b</sup>
T4: Chl75, 15d	76,01 $\pm$ 2,1 <sup>d</sup>
T5: Chl50, 8d	88,28 $\pm$ 1,82 <sup>c</sup>
T6: Chl50, 15d	72,78 $\pm$ 1,74 <sup>d</sup>
T7: Chl25, 8d	73,61 $\pm$ 1,66 <sup>d</sup>
T8: Chl25, 15d	59,21 $\pm$ 1,02 <sup>e</sup>
T9: Chl0, 8d	51,98 $\pm$ 1,99 <sup>f</sup>
T10: Chl0, 15d	48,41 $\pm$ 2,8 <sup>f</sup>

(F9 70=571 71. n<0.05)



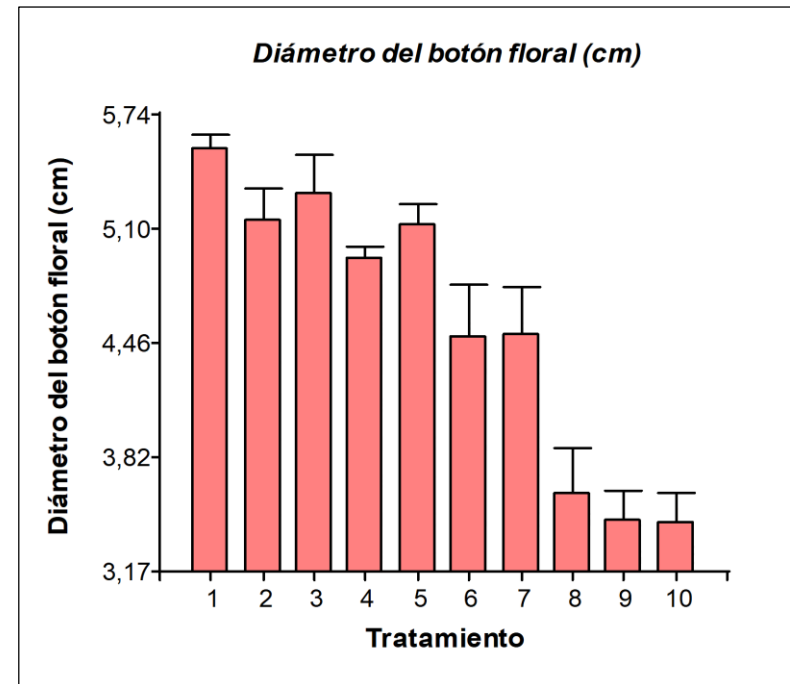
El tratamiento T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días presentó la mayor área foliar con una media de (105  $\pm$  3,64) cm<sup>2</sup> seguido del tratamiento T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días con una media de (95,5  $\pm$  2,37) cm<sup>2</sup> con respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron la menor área foliar con (51,98  $\pm$  1,99) cm<sup>2</sup> y (48,41  $\pm$  2,8) cm<sup>2</sup> respectivamente.

# RESULTADOS

## Número de hojas

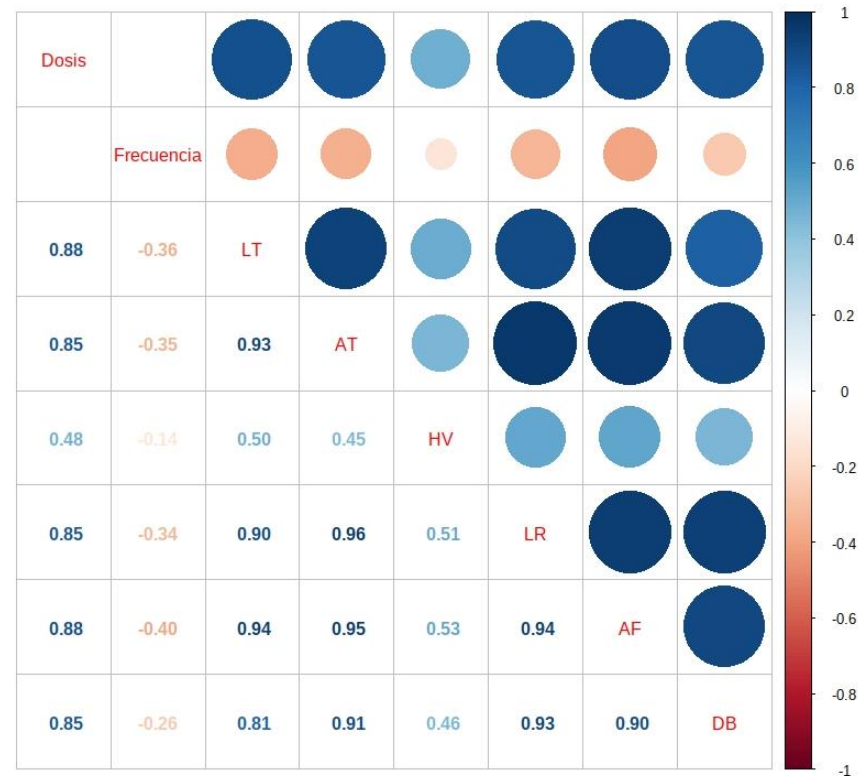
Tratamiento	Media $\pm$ D.E
T1: Chl100, 8d	5,56 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>
T2: Chl100, 15d	5,14 $\pm$ 0,18 <sup>bc</sup>
T3: Chl75, 8d	5,3 $\pm$ 0,22 <sup>ab</sup>
T4: Chl75, 15d	4,94 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup>
T5: Chl50, 8d	5,12 $\pm$ 0,12 <sup>bc</sup>
T6: Chl50, 15d	4,5 $\pm$ 0,29 <sup>d</sup>
T7: Chl25, 8d	4,51 $\pm$ 0,26 <sup>d</sup>
T8: Chl25, 15d	3,61 $\pm$ 0,26 <sup>e</sup>
T9: Chl0, 8d	3,46 $\pm$ 0,16 <sup>e</sup>
T10: Chl0, 15d	3,45 $\pm$ 0,16 <sup>e</sup>

(f9,70=135,08; p $\leq$ 0,05)



El tratamiento T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días como el tratamiento 3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron un mayor diámetro del botón floral con una media de (5,56  $\pm$  0,07) cm y (5,3  $\pm$  0,22) cm respectivamente con respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron el menor diámetro de botón floral con (3,46  $\pm$  0,16) cm y (3,45  $\pm$  0,16) cm respectivamente.

## Correlación



Podemos observar que existe una alta correlación entre las siguientes variables: longitud del tallo y ancho del tallo con 0.93; ancho del tallo y longitud de la raíz con 0.96; longitud del tallo y el área foliar con 0.94; ancho del tallo y el área foliar con 0.95; longitud de la raíz y el área foliar con 0.94; ancho del tallo y el diámetro del botón con 0.91; longitud de raíz y diámetro del botón con 0.93; área foliar y diámetro del botón con 0.90. También podemos observar que no existe correlación entre la frecuencia de aplicación y las variables morfológicas evaluadas.

# RESULTADOS

## Macronutrientes

Tratamiento	Macroelemento (g/kg)									
	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio	
	Media	± D.E	Media	± D.E	Media	± D.E	Media	± D.E	Media	± D.E
T1	55	± 0,04 <sup>a</sup>	5,17	± 0,02 <sup>a</sup>	8,87	± 0,07 <sup>a</sup>	6,87	± 0,04 <sup>a</sup>	2,88	± 0,01 <sup>a</sup>
T2	54,2	± 0,05 <sup>c</sup>	5	± 0,01 <sup>bc</sup>	7,84	± 0,02 <sup>bc</sup>	6,37	± 0,04 <sup>c</sup>	2,68	± 0,01 <sup>c</sup>
T3	54,49	± 0,04 <sup>b</sup>	5,03	± 0,02 <sup>b</sup>	8,19	± 0,06 <sup>b</sup>	6,57	± 0,03 <sup>b</sup>	2,74	± 0,02 <sup>b</sup>
T4	51,16	± 0,07 <sup>d</sup>	4,95	± 0,01 <sup>de</sup>	7,76	± 0,01 <sup>c</sup>	6,19	± 0,03 <sup>e</sup>	2,65	± 0,01 <sup>cd</sup>
T5	54,01	± 0,04 <sup>c</sup>	4,98	± 0,01 <sup>cd</sup>	7,8	± 0,01 <sup>bc</sup>	6,26	± 0,02 <sup>d</sup>	2,64	± 0,01 <sup>d</sup>
T6	50,59	± 0,12 <sup>f</sup>	4,95	± 0,01 <sup>de</sup>	7,72	± 0,01 <sup>c</sup>	6,03	± 0,02 <sup>f</sup>	2,6	± 0,01 <sup>e</sup>
T7	50,81	± 0,04 <sup>e</sup>	4,92	± 0,01 <sup>e</sup>	6,67	± 0,01 <sup>d</sup>	5,83	± 0,02 <sup>g</sup>	2,51	± 0,01 <sup>f</sup>
T8	49,72	± 0,17 <sup>g</sup>	4,78	± 0,02 <sup>f</sup>	6,47	± 0,02 <sup>d</sup>	5,74	± 0,02 <sup>h</sup>	2,48	± 0,01 <sup>f</sup>
T9	49,13	± 0,11 <sup>h</sup>	4,74	± 0,02 <sup>g</sup>	6,31	± 0,01 <sup>d</sup>	5,65	± 0,01 <sup>i</sup>	2,39	± 0,01 <sup>g</sup>
T10	48,29	± 0,04 <sup>i</sup>	4,42	± 0,02 <sup>h</sup>	5,86	± 0,51 <sup>e</sup>	5,61	± 0,01 <sup>i</sup>	2,28	± 0,01 <sup>h</sup>

El tratamiento T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días presento los mayores valores de absorción de nutrientes con una media de (55 ± 0.04) g/ kg para el Nitrógeno, (5.17 ± 0.02) g/kg para el Fósforo, (8.87 ± 0.07) g/kg para el Potasio, (6.87 ± 0.04) g/kg para el Calcio y (2.88 ± 0.01) g/kg para el Magnesio; seguido del tratamiento T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días con una media de (54.49 ± 0.05) g/ kg para el Nitrógeno, (5.03 ± 0.01) g/kg para el Fósforo, (8.19 ± 0.06) g/kg para el Potasio, (6.57 ± 0.03) g/kg para el Calcio y (2.74 ± 0.02) g/kg para el Magnesio.

# RESULTADOS

## Micronutrientes

Tratamiento	Microelementos (mg/kg)															
	Manganeso			Hierro			Cobre			Zinc						
	Media	±	D.E	Media	±	D.E	Media	±	D.E	Media	±	D.E				
T1	17,2	±	0,04	<sup>a</sup>	65,89	±	2,22	<sup>a</sup>	2,65	±	0,02	<sup>a</sup>	12,72	±	0,02	<sup>a</sup>
T2	15,3	±	0,04	<sup>c</sup>	41,45	±	0,07	<sup>c</sup>	1,14	±	0,02	<sup>d</sup>	11,95	±	0,02	<sup>b</sup>
T3	15,82	±	0,05	<sup>b</sup>	45,65	±	0,37	<sup>b</sup>	2,23	±	0,02	<sup>b</sup>	12,68	±	0,01	<sup>a</sup>
T4	13,86	±	0,07	<sup>e</sup>	40,52	±	0,02	<sup>c</sup>	1,04	±	0,02	<sup>e</sup>	11,44	±	0,02	<sup>d</sup>
T5	14,64	±	0,02	<sup>d</sup>	41,54	±	0,01	<sup>c</sup>	1,23	±	0,02	<sup>c</sup>	11,86	±	0,03	<sup>c</sup>
T6	13,36	±	0,01	<sup>f</sup>	37,28	±	0,02	<sup>d</sup>	0,95	±	0,01	<sup>f</sup>	11,87	±	0,02	<sup>c</sup>
T7	12,09	±	0,02	<sup>g</sup>	36,82	±	0,01	<sup>de</sup>	0,86	±	0,01	<sup>gh</sup>	11,38	±	0,02	<sup>e</sup>
T8	12,02	±	0,02	<sup>g</sup>	38,52	±	0,02	<sup>d</sup>	0,89	±	0,01	<sup>g</sup>	11,26	±	0,01	<sup>f</sup>
T9	11,81	±	0,02	<sup>h</sup>	35,54	±	0,01	<sup>ef</sup>	0,84	±	0,01	<sup>h</sup>	11,17	±	0,02	<sup>g</sup>
T10	11,03	±	0,02	<sup>i</sup>	34,99	±	0,01	<sup>f</sup>	0,68	±	0,01	<sup>i</sup>	10,34	±	0,02	<sup>h</sup>

el tratamiento T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días presento los mayores valores de absorción de nutrientes con una media de (17.2 ± 0.04) mg/kg para el Manganeso, (65.89 ± 2.22) g/kg para el Hierro, (2.65 ± 0.02) g/kg para el Cobre y (12.72 ± 0.02) g/kg para el Zinc; seguido del tratamiento T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días con una media de (15.82 ± 0.05) g/ kg para el Manganeso, (45.65 ± 0.07) g/kg para el Hierro, (2.23 ± 0.02) g/kg para el Cobre y (12.68 ± 0.01) g/kg para el Zinc.

# CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos se pudo concluir que:

- La temperatura se mantuvo en un rango promedio de 13 a 14 °C; el pH en 7; la conductividad eléctrica se mantuvo en un rango de 181.23 uS.cm<sup>-1</sup> a 223.93 uS.cm<sup>-1</sup>; el oxígeno disponible en un rango de 8.84 mg.L<sup>-1</sup> a 11.50 mg.L<sup>-1</sup>; la cantidad de sólidos disueltos en un rango de 198.26 mg.L<sup>-1</sup> a 210.11 mg.L<sup>-1</sup>, estos valores son adecuados para el correcto funcionamiento del sistema acuapónico.
- A lo largo del tiempo nitratos tuvieron un incremento de 0.748 mg.L<sup>-1</sup> a 35.63 mg.L<sup>-1</sup>; los nitritos, amonio y amoniaco tuvieron un decrecimiento de 2.15 mg.L<sup>-1</sup> a 0.0916 mg.L<sup>-1</sup>, 4.615 mg.L<sup>-1</sup> a 0.081 mg.L<sup>-1</sup> y 4.26 mg.L<sup>-1</sup> a 0.078 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente, estos parámetros son adecuados para el correcto desarrollo de un sistema acuapónico.
- Los tratamientos T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron una mayor longitud del tallo y ancho de tallo con respecto al resto de tratamientos, la longitud total fue de 122,5 cm para T1 y 115 cm para T2, mientras que el ancho total fue de 1.74 cm para T1 y 1.67 cm para T2; lo cual se debió al alto contenido de nitrógeno y potasio que se aportó mediante la fertilización con Chlorella Biotipo 3.



- Los tratamientos T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron un mayor diámetro del botón floral con 5.56 cm y 5.3 cm respectivamente, el diámetro del botón dependerá de la temperatura y del fotoperíodo, así como también el color y número de pétalos.
- Los tratamientos T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron una mayor longitud de la raíz con 41.27 cm y 36.14 cm respectivamente, esto se debió al alto contenido de fósforo que se aportó mediante la fertilización con Chlorella Biotipo 3, ya que el fósforo es un estimulante del desarrollo radicular.
- Los tratamientos T1: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de Chlorella Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron mayor número de hojas con 16.63 hojas para T3 y 15.75 hojas para T1 y un área foliar con 105 cm<sup>2</sup> para T1 y 95.5 cm<sup>2</sup> para T3. Dicho esto, podemos concluir que área foliar, número de hojas va a depender del fotoperíodo ya que mientras mayor fotoperíodo exista mayor actividad fotosintética va a existir y por lo tanto el crecimiento de los tejidos de la planta será mayor, es decir presentará mayor número de hojas y mayor área foliar.





# CONCLUSIONES

- Existió una correlación positiva entre las variables morfométricas del cultivo de girasol y la dosis aplicada; por el contrario, no existió correlación entre las variables morfométricas del girasol con la frecuencia de aplicación, por lo que podemos determinar que la frecuencia de aplicación no influye sobre el desarrollo del cultivo de girasol.
- En la extracción de macroelementos de la planta del girasol existió una mayor absorción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio lo cual influyó sobre el desarrollo de tallo y raíces de la planta de girasol; y por el contrario existió una deficiencia de Calcio y Magnesio al compararlos con los requerimientos óptimos para el desarrollo del cultivo.
- En la extracción de macroelementos de la planta del girasol existió deficiencia de Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc al compararlos con los requerimientos óptimos para el desarrollo del cultivo. La deficiencia de cobre puede ocasionar necrosis en las hojas de girasol y coloración anormal de las plantas; la deficiencia de hierro se manifiesta mediante clorosis en las hojas.
- La producción de girasoles ornamentales de corte requiere de un tallo menor a 1.50 metros con un botón floral inferior a los 7 cm de diámetro, por lo cual las plantas de girasol producidas bajo un sistema acuapónico cumplen con las características adecuadas de flor ornamental de corte.



# RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar espirulina como fertilizante foliar para evaluar sus efectos sobre el desarrollo del cultivo de girasol en un sistema acuapónico.
- Se recomienda utilizar otras especies de flores para poder evaluar su desarrollo dentro de diferentes sistemas acuapónicos.
- Se recomienda realizar un sistema acuapónico para girasoles en un clima más cálido, con un fotoperiodo más largo y con otras especies de peces dependiendo de las condiciones climáticas para analizar el comportamiento y desarrollo del sistema.
- Se recomienda satisfacer los requerimientos de los microelementos que la *Chlorella* Biotipo 3 aplicada como fertilizante foliar y que el sistema acuapónico no satisface.
- Se recomienda realizar un estudio de implementación de un sistema acuapónico en flores en un sistema de producción intensiva.
- Se recomienda realizar un estudio del contenido de aceite de las semillas de girasol producidas en un sistema acuapónico.
- Se recomienda realizar un estudio sobre las características nutricionales presentes en el aceite de las semillas de girasol producidas en un sistema acuapónico.





Gracias por su atención



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA