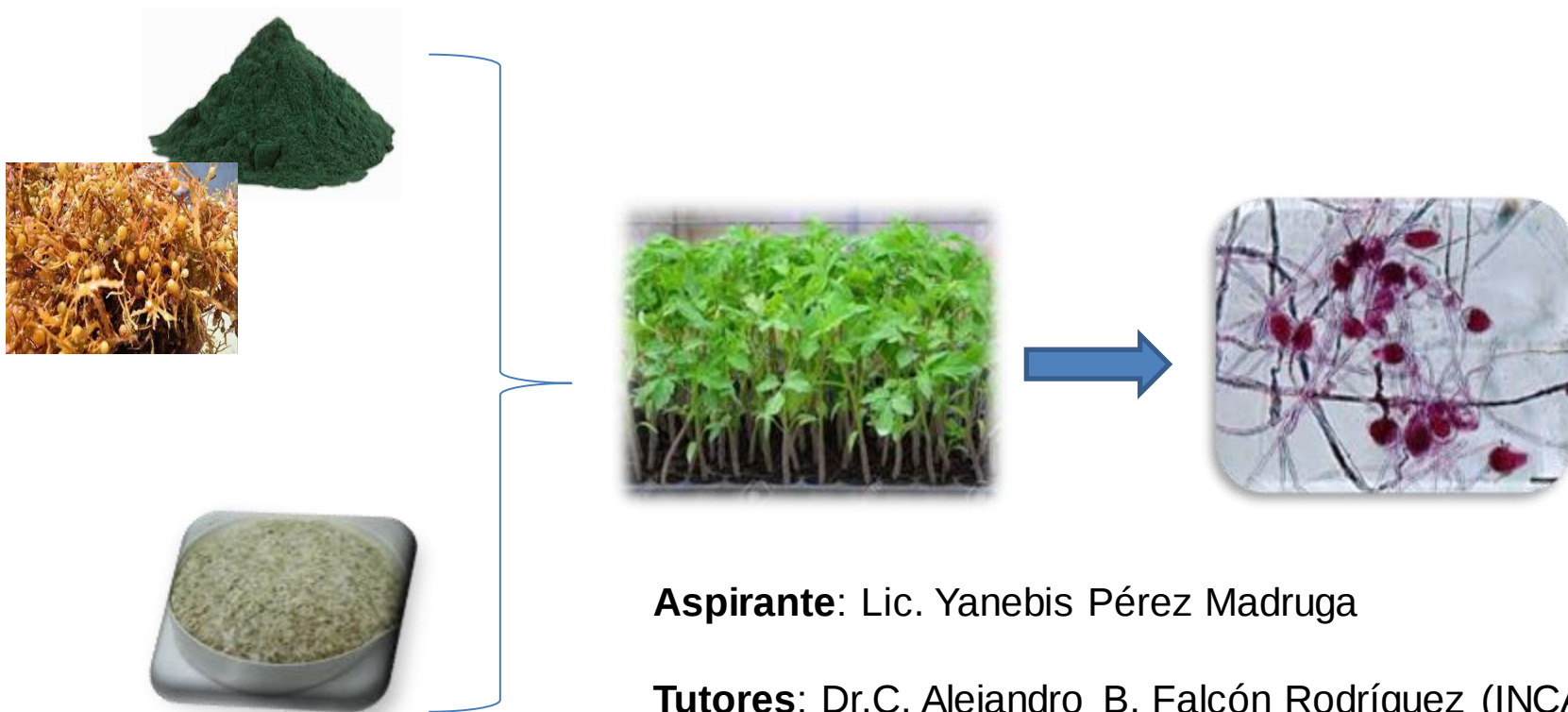


Efecto de la aplicación combinada de extractos de algas y quitosano en la biestimulación y la bioprotección de posturas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)



Aspirante: Lic. Yanebis Pérez Madruga

Tutores: Dr.C. Alejandro B. Falcón Rodríguez (INCA)
Dr.C. Yanelis Reyes Guerrero

Introducción

(Khan *et al.*, 2009; Hernández-Herrera *et al.*, 2014, 2016, 2018 y Aghofack-Nguemezi *et al.*, 2015)

9000 sp Khan *et al.* (2009)



Chlorophyta
(verdes)



Phaeophyta
(pardas)



Rhodophyta
(rojas)



Arthrospira platensis
(Whang *et al.*, 2016)



mejoran el
crecimiento de
las plantas

hortalizas de hoja: *Eruca sativa*,
Amaranthus gangeticus y
Brassica rapa ssp. *Chinensis*
(Aghofack-Nguemezi *et al.*, 2015)



tomate

(Aghofack-Nguemezi *et al.*, 2015).

- altura de las plantas
- diámetro del tallo
- número de frutos por planta
- biomasa del fruto



Sargassum wightii
(Karthick y Mohan ,2017)

Aplicado
foliarmente



Aumenta
rendimiento y
calidad del fruto

Ziziphus mauritiana Lam.



tomate

- altura de las plántulas
- diámetro del tallo
- número de hojas
- Materia fresca y seca total
- Pigmentos fotosintéticos de las hojas

(Sariñana-Aldaco *et al.*, 2021).

Inducción de respuestas defensivas de la aplicación de algas marinas en diferentes cultivos y frente a patógenos (Khan *et al.*, 2009; Tuhy *et al.*, 2013; Hernández-Herrera *et al.*, 2016, 2018)



quitosano

- **Promoción del crecimiento y desarrollo vegetal de varios cultivos de importancia económica** (Badawy y Rabea, 2011; Pichyangkura y Chadchawan, 2015; Falcón *et al.*, 2015; González-Peña *et al.*, 2015)
- **Tolerancia al estrés abiótico** (Pichyangkura y Chadchawan, 2015) y **biótico** (Falcón-Rodríguez *et al.*, 2012).
- **Acción antimicrobiana por su actividad bactericida y fungicida en el crecimiento y desarrollo de hongos, bacterias y Oomicetos** (Palma-Guerrero *et al.*, 2008; Badawy y Rabea, 2011; Falcón-Rodríguez *et al.*, 2012; Pichyangkura y Chadchawan, 2015; González-Peña *et al.*, 2017)
- **Induce resistencia en las plantas contra patógenos** (Falcón-Rodríguez *et al.*, 2012; Pichyangkura y Chadchawan, 2015; Abd El-Gawad y Bondok, 2015).



Estimula el desarrollo y la calidad de los cultivos



pimiento



tabaco



arroz



maíz



papa



frijol

Incrementos del rendimiento desde un 20 % hasta el 55 % en los cultivos del maíz, frijol y tomate (Morales *et al.*, 2016; Terry *et al.*, 2017; Torres-Rodríguez *et al.*, 2018) con dosis de 1 g L⁻¹ (imbibición de semillas) en maíz y tomate y 400 mg ha⁻¹ (en dos aplicaciones) en frijol.



Defender



Patógenos

Mediante

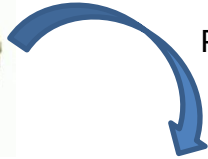


Activación de resistencia inducida en respuesta al ataque de patógenos o la aplicación de inductores de resistencia (Walters, 2007)



Quitosano

Protección parcial



Tabaco

Mediante inducción de resistencia sistémica basal (Falcón-Rodríguez *et al.*, 2007, 2009, 2011, 2015; González-Peña *et al.*, 2017)



Phytophthora nicotianae



Tomate



Efectividad en la inducción de resistencia a *Fusarium oxysporum* en tomate (Rivera-Solís *et al.*, 2021)

Actividad bactericida (Hamed *et al.*, 2018)
Actividad fungicida (Ibraheem *et al.*, 2017)

No se conoce el potencial de la spirulina por si sola y de la aplicación combinada de esta con quitosano y de *Sargassum*-quitosano en la activación de resistencia en el tomate contra patógenos fúngicos.



Problema científico

¿Cómo propiciar el crecimiento de posturas de tomate y aumentar la protección efectiva contra el estrés biótico?

Hipótesis

La aplicación combinada de extractos de algas y quitosano estimula el crecimiento de posturas de tomate y aumenta su resistencia basal contra patógenos en este cultivo.

Novedad científica

Se determina por primera vez la acción protectora de la spirulina contra patógenos en plantas. Se demuestra si la aplicación conjunta de quitosano-spirulina y *Sargassum*-quitosano mejora la estimulación del crecimiento del cultivo y la protección contra patógeno, respecto a su aplicación no combinada. Se estudia la inducción de resistencia en esta especie mediante la determinación del comportamiento de indicadores defensivos importantes de la resistencia basal y la protección contra patógenos fungosos.

Novedad práctica

Se define la concentración y forma de aplicación de spirulina y *Sargassum* que estimula el crecimiento de posturas de tomate. Se demuestra si es posible que la combinación quitosano-alga protege el cultivo contra patógenos fungosos.

Objetivo general

Analizar los efectos de extractos de spirulina, *Sargassum* sp, quitosano y sus aplicaciones combinadas en la estimulación del crecimiento vegetal y la activación de resistencia basal inducida en posturas de tomate

Objetivos específicos

1. Determinar las mejores dosis y forma de aplicación de spirulina y *Sargassum* sp que estimulan el crecimiento de posturas de tomate
2. Evaluar la dinámica de crecimiento con la aplicación combinada de spirulina-quitosano y *Sargassum* sp-quitosano en posturas de tomate.
3. Determinar la bioprotección de posturas de tomate contra patógenos fungosos mediante la activación de resistencia basal con la aplicación combinada de los bioestimulantes.

Diseño experimental

Objetivo 1: Determinar las mejores dosis de spirulina y *Sargassum* sp que estimulan el crecimiento de posturas de tomate e inducen resistencia contra *Phytophthora* sp.

Tarea 1.1. Determinación de las dosis de spirulina y *Sargassum* sp. y mejor forma de aplicación que estimulan el crecimiento de posturas de tomate

Diluciones de spirulina a evaluar para imbibición de semillas: 1; 1/50; 1/100; 1/500 y 1/1000 ml

Diluciones de spirulina a evaluar para aspersión foliar: 1/50; 1/100; 1/500 y 1/1000 ml

Diluciones de *Sargassum* sp a evaluar para imbibición de semillas y aspersión foliar: 1/100; 1,5/100; 3/100; 1/500; 1/1000

Spirulina: (extracto obtenido por metodología coreana)

***Sargassum*:** (Extracto acuoso)

Cultivo: Tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Amalia

Sustrato: Suelo Ferralítico rojo y materia orgánica (1:1)

Bandejas de cepellones de 60 alveolos

Cantidad de posturas a evaluadas por tratamiento: 20

Cantidad de semillas para imbibición por tratamiento: 80

Se repitió el experimento dos veces



El experimento se desarrollará en la casa de posturas de la granja “La Rosita”

Tratamientos (imbibición de semillas por 1 hora)

- T1: Control
- T2: Spirulina 1ml
- T3: Spirulina 1/50 ml
- T4: Spirulina 1/100 ml
- T5: Spirulina 1/500 ml
- T6: Spirulina 1/1000 ml
- T7: Sargassum 1/100 ml
- T8: Sargassum 1,5 /100 ml
- T9: Sargassum 3/100 ml
- T10: Sargassum 1/500 ml
- T11: Sargassum 1/1000 ml



Aspersor manual



Variables a determinadas a los 27 días

número de hojas
diámetro del tallo (cm)
altura (cm)
longitud radical (cm)
biomasa seca aérea y de las raíces (g)
contenido de clorofilas totales (unidades SPAD, medidor portátil MINOLTA).

Tratamientos (Aspersión foliar 15 dds)

- T1: Control
- T2: Spirulina 1/50 ml
- T3: Spirulina 1/100 ml
- T4: Spirulina 1/500 ml
- T5: Spirulina 1/1000 ml
- T6: Sargassum 1/100 ml
- T7: Sargassum 1,5 /100 ml
- T8: Sargassum 3/100 ml
- T9: Sargassum 1/500 ml
- T10: Sargassum 1/1000 ml



Análisis estadístico Análisis de Varianza Simple y comparación de medias por la Prueba de Duncan $p \leq 0,05$.

Tabla 1. Algunas características químicas del suelo Ferralítico Rojo y abonos orgánicos que se emplearon en los experimentos

Sustrato	pH	MO (%)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)
			(cmol _c .kg ⁻¹)		
Suelo	7,3	3,25	12	4,2	285,0
Estiércol vacuno	7,2	12,2	19	4,0	472,0
Gallinaza	6,7	14,0	23	22,5	252,0

Caracterización del polvo de spirulina fermentada coreana. **Algae M Tech co., ltd / South Korea.**
Número de serie 19L20220

Componentes del análisis	Resultados	Unidad
Calorías	357	Kcal/100g
Humedad	12,8	g/100g
Proteína	62,1	g/100g
Grasas	6,5	g/100g
Carbohidratos	12,5	g/100g
Cenizas	6,1	g/100g
Equivalente de retinol	Incapacidad para analizar	µg/100g
B-carotenos	48,200	µg/100g
Vitamina B1	2,10	mg/100g
Vitamina B2	3,74	mg/100g
Vitamina B6	0,51	mg/100g
Vitamina B12	190	µg/100g
Vitamina C	No detectado	mg/100g
Vitamina E (α-tocoferol)	2,2	mg/100g
Ácido pantoténico	1,64	mg/100g
Ácido fólico	41	µg/100g
Biotina	33	µg/100g
Equivalente de niacina	30,9	mg/100g
Niacina	14,7	mg/100g
Triptófano	969	mg/100g
Vitamina K1	1,970	µg/100g
Calcio	190	mg/100g
Hierro	48	mg/100g
Sodio	750	mg/100g
Magnesio	260	mg/100g
Zinc	4,4	mg/100g
Ácido linoleico	0,77	g/100g
γ-ácido linoleico	1,69	g/100g
Ficocianina	2,53	g/100g
Clorofila a	603	g/100g

Resultados

Tabla 2. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por imbibición de semillas con *Sargassum* sp del primer experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long.raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control	28,02b	3,35a	7,14a	5,15b	26,33a	0,5a	0,04ab
S 1/100	30,61b	3,45a	8,34a	5,1b	25,68a	0,22a	0,04a
S 1,5/100	24,12a	3,35a	10,93b	4,65a	26,27a	0,19a	0,05ab
S 3/100	23,09a	3,55ab	7,5a	4,95ab	26,24a	0,2a	0,04ab
S 1/500	29,04b	3,4a	8,07a	4,85ab	25,9a	0,22a	0,04ab
S 1/1000	29,74b	3,74b	9,34ab	5,2b	26,68a	0,29b	0,05b

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 3. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por imbibición de semillas con *Sargassum* sp del segundo experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long.raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control	17,41a	3,03a	8,9a	4,3a	29,06b	0,16ab	0,03a
S 1/100	21,45b	3,36c	10,89bc	4,5a	28,78b	0,15ab	0,05b
S 1,5/100	24,1c	3,62d	9,84abc	5,4c	27,32a	0,18ab	0,07c
S 3/100	15,99a	3,19b	9,29ab	4,25a	29,07b	0,14ab	0,04ab
S 1/500	21,64b	3,35c	8,88a	4,25a	28,05a	0,13a	0,04ab
S 1/1000	20,96b	3,54d	11,24c	4,9b	28,82b	0,19b	0,07c

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 4. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por aspersion foliar con *Sargassum* sp a los 15 DDS del primer experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long.raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control	15,02a	2,74b	9,73ab	3,55ab	26,4a	0,15ab	0,04ab
S 1/100	17,61a	2,69b	9,18ab	3,7ab	27,65a	0,19b	0,06c
S 1,5/100	14,88a	2,82b	9,14ab	4,0b	27,67a	0,14ab	0,04a
S 3/100	14,48a	2,78b	10,39ab	3,95b	27,27a	0,14ab	0,05ab
S 1/500	13,32a	2,68b	9,01a	3,6ab	27,31a	0,13a	0,04ab
S 1/1000	12,59a	2,44a	10,65b	3,4a	26,21a	0,1a	0,05b

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 5. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por aspersion foliar con *Sargassum* sp a los 15 DDS del segundo experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long.raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control	8,22b	2,7b	6,48a	3,6b	33,36a	0,08b	0,04a
S 1/100	7,46a	2,68ab	8,3d	3,4ab	34,09a	0,08b	0,04a
S 1,5/100	8,55b	2,87c	7,86cd	3,7b	35,41a	0,09b	0,04a
S 3/100	7,33a	2,57a	7,98cd	3,15a	35,92a	0,07a	0,03a
S 1/500	7,64a	2,74b	6,69ab	3,6b	34,4a	0,08b	0,07a
S 1/1000	8,66b	2,77bc	7,42bc	3,5ab	34,41a	0,09b	0,04a

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 6. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por imbibición y aspersión foliar con *Sargassum* sp a los 15 DDS del primer experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long. raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control Imb	28,02bcd	3,35c	7,14a	5,15e	26,23abc	0,2c	0,04ab
Control AF	15,02a	2,74b	9,73cde	3,55ab	26,4abc	0,15ab	0,04ab
1/100 Imb	30,61d	3,45c	8,34abcd	5,01e	25,68a	0,22c	0,04a
1/100 AF	17,61a	2,69b	9,18abcde	3,7abc	27,65c	0,19b	0,06c
1,5/100 Imb	24,12bc	3,35bc	10,93e	4,65d	26,27abc	0,19c	0,05ab
1,5/100 AF	14,88a	2,82b	9,14abcde	4,0c	27,67c	0,14ab	0,04a
3/100 Imb	23,09b	2,55cd	7,5ab	4,95de	26,24abc	0,2c	0,04ab
3/100 AF	14,48a	2,78b	10,39de	3,95bc	27,27c	0,14ab	0,05ab
1/500 Imb	29,04cd	3,4c	8,07abc	4,85de	25,9ab	0,22c	0,04ab
1/500 AF	13,32a	2,68b	9,01abcde	3,6abc	27,31bc	0,13a	0,04ab
1/1000 Imb	29,74d	3,74d	9,34bcde	5,2e	26,68abc	0,29d	0,05bc
1/1000 AF	12,59a	2,44a	10,65e	3,4a	26,21abc	0,1a	0,05abc

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 7. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por imbibición y aspersión foliar con *Sargassum* sp a los 15 DDS del segundo experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long. raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control Imb	17,41c	3,03d	8,9bcd	4,3c	29,06a	0,16bcd	0,03ab
Control AF	8,22a	7,7ab	6,48a	3,6b	33,36b	0,08a	0,04ab
1/100 Imb	21,45d	3,36f	10,89e	4,5c	28,78a	0,15bc	0,05ab
1/100 AF	7,46a	2,68ab	8,3bc	3,4ab	34,09bc	0,08a	0,04ab
1,5/100 Imb	24,1e	2,62g	9,84de	5,4e	27,32a	0,18cd	0,07b
1,5/100 AF	8,55a	2,87c	7,86abc	3,7b	35,41bc	0,09a	0,04ab
3/100 Imb	15,99b	3,19e	9,29cd	4,25c	29,07a	0,14b	0,04ab
3/100 AF	7,33a	2,57a	7,98abc	3,15a	35,92c	0,07a	0,03a
1/500 Imb	21,64d	3,35f	8,88bcd	4,25c	28,05a	0,13b	0,04ab
1/500 AF	7,64a	2,74bc	6,69a	3,6b	34,4bc	0,08a	0,07ab
1/1000 Imb	20,96d	3,54g	11,24e	4,9d	28,82a	0,19d	0,07ab
1/1000 AF	8,66a	2,79bc	7,42ab	3,5ad	34,41bc	0,09a	0,04ab

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla8. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por imbibición de semillas con *Spirulina* del primer experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long. raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control	28,02c	3,35b	7,14a	5,15bc	26,23a	0,2b	0,04b
1	19,82a	2,86a	9,52b	4,29a	26,15a	0,16ab	0,03ab
1/50	30,58d	3,65c	7,15a	5,3bc	26,11a	0,26c	0,04b
1/100	27,36c	3,75c	7,51a	5,55c	25,05a	0,28c	0,05c
1/500	22,52b	3,22b	7,4a	4,48a	25,47a	0,14a	0,04ab
1/1000	26,36c	3,57c	6,82a	5,0b	25,2a	0,17ab	0,03a

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 9. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por imbibición de semillas con *Spirulina* del segundo experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long. raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control	17,41a	3,03a	8,9a	4,3ab	29,06a	0,16a	0,03a
1	21,19bc	3,45b	11,23b	4,55abc	28,48a	0,18ab	0,06bc
1/50	22,7c	3,63c	10,08ab	5,1d	28a	0,23c	0,08c
1/100	20,23b	3,45b	9,88ab	4,85cd	27,93a	0,21bc	0,07c
1/500	17,29a	3,33b	8,69a	4,2a	29,08a	0,13a	0,04a
1/1000	21,19bc	3,43b	9,91ab	4,65bc	28,29a	0,16a	0,05ab

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 10. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por aspersión foliar con *Spirulina* a los 15 DDS del primer experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long. raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control	15,02b	2,74ab	9,73a	3,55ab	26,4a	0,15b	0,04ab
1/50	13,15a	2,63ab	9,7a	3,45abc	26,55a	0,14ab	0,05bc
1/100	13,73a	2,58a	8,54a	3,4a	26,76a	0,12a	0,05ab
1/500	13,19a	2,79bc	8,48a	3,8bc	25,22a	0,12ab	0,04a
1/1000	15,87b	2,95c	8,91a	4,0c	26,7a	0,19c	0,06c

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p\leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 11. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por aspersión foliar con *Spirulina* a los 15 DDS del segundo experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long. raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control	8,22b	2,7ab	6,48a	3,6ab	33,36a	0,08ab	0,04b
1/50	9,55c	2,84c	7,58b	3,8b	33,93a	0,09b	0,03ab
1/100	7,15a	2,58a	8,03b	3,25a	34,31a	0,07a	0,03a
1/500	8,28b	2,78bc	8,1b	3,65b	34,34a	0,09b	0,04c
1/1000	8,17b	2,79bc	6,43a	3,5ab	34,37a	0,08ab	0,03ab

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p\leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 12. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por imbibición y aspersión foliar con *Spirulina* a los 15 DDS del primer experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long.raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control Imb	28,02e	3,35e	7,14ab	5,15e	26,23ab	0,2d	0,04bcd
Control AF	15,02ab	2,74abc	9,73d	3,55a	26,4ab	0,15ab	0,04bc
1 Imb	19,82c	2,86cd	9,52d	4,29cd	26,15ab	0,16abc	0,03ab
1/50 Imb	30,58f	3,65f	7,15ab	5,3ef	26,11ab	0,26e	0,04bc
1/50 AF	13,15a	2,63ab	9,17d	3,75ab	26,55ab	0,14ab	0,05cde
1/100 Imb	27,36e	3,75f	7,51abc	5,55f	25,05a	0,28e	0,05de
1/100 AF	13,73a	2,58a	8,54bcd	3,4a	26,76b	0,12a	0,05bcd
1/500 Imb	22,52d	3,22e	7,4abc	4,48d	25,47ab	0,14ab	0,04ab
1/500 AF	13,19a	2,79bcd	8,48bcd	3,8ab	25,22ab	0,12a	0,04ab
1/1000 Imb	26,36e	3,57f	6,82a	5e	25,2ab	0,17bcd	0,03a
1/1000 AF	17,87b	2,95d	8,91cd	4bc	26,7b	0,19cd	0,06e

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 13. Variables morfo-agronómicas de posturas de tomate por imbibición y aspersión foliar con *Spirulina* a los 15 DDS del segundo experimento

Tto	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Long.raíz (cm)	No. Hojas	Spad	MS aérea (g)	MS raíz (g)
Control Imb	17,41c	3,03c	8,9bc	4,3cd	29,06ab	0,16bc	0,03ab
Control AF	8,22ab	2,7ab	6,48a	3,6ab	33,36b	0,08a	0,04ab
1 Imb	21,19d	3,45d	11,23d	4,55cde	28,48a	0,18cd	0,06c
1/50 Imb	22,7e	3,63e	10,08cd	5,1f	28a	0,23e	0,08c
1/50 AF	9,55b	2,84b	7,58ab	3,8b	33,93b	0,09a	0,03ab
1/100 Imb	20,23d	3,45d	9,88cd	4,85ef	27,93a	0,21de	0,07c
1/100 AF	7,15a	2,58a	8,03ab	3,25a	34,31b	0,07a	0,03a
1/500 Imb	17,29c	3,33d	8,69bc	4,2c	29,08a	0,13b	0,04ab
1/500 AF	8,28ab	2,78b	8,1ab	3,65ab	34,34b	0,09a	0,04ab
1/1000 Imb	21,19d	3,43d	9,91cd	4,65de	28,29a	0,16bc	0,05b
1/1000 AF	8,17ab	2,79b	6,43a	3,5ab	34,37b	0,08a	0,03ab

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 14. Rendimiento esperado de los dos experimentos con *Sargassum* sp. por imbibición de semillas

Tratamientos	Rend. 1er exp Imb.(t.ha ⁻¹)	Rend. 2do exp Imb.(t.ha ⁻¹)
Control	15,55	6,74
S 1/100	15,48	16,97
S 1,5/100	13,77	12,10
S 3/100	10,55	10,49
S 1/500	13,08	11,84
S 1/1000	11,35	7,33

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan



Tabla 15. Rendimiento esperado de los dos experimentos con *Spirulina* por imbibición de semillas

Tratamientos	Rend. 1er exp Imb.(t.ha ⁻¹)	Rend. 2do exp Imb.(t.ha ⁻¹)
Control	15,55	6,74
Sp 1	11,43	12,44
Sp 1/50	17,07	14,68
Sp 1/100	24,54	17,62
Sp 1/500	22,31	16,01
Sp 1/1000	17,70	22,05

Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Se realizó análisis de varianza utilizando el test de Duncan

Tabla 16. Evaluación de los grados Brix del segundo experimento

Tratamientos	Lectura Brix	Temperatura °C	Corrección de Brix
Control	3,7	25,5	4,05
Sp1	4	25,6	4,35
Sp1/50	3,9	25,7	4,25
Sp1/100	3,3	25,4	3,65
Sp1/500	4,7	25,5	5,05
Sp1/1000	3,3	25,5	3,65
S1/100	4	26,6	4,35
S1,5/100	3	25,5	3,35
S3/100	3,3	25,5	3,65
S1/500	3,5	25,7	3,85
S1/1000	3,1	25,6	3,45

Objetivo 2. Evaluar la dinámica de crecimiento con la aplicación combinada de spirulina-quitosano y *Sargassum*-quitosano en posturas de tomate.

Tarea 2.1. Determinación de indicadores morfoagronómicos y bioquímicos expresados por las dos mejores disoluciones de spirulina y *Sargassum* sp combinados con quitosano que estimulen el crecimiento de posturas de tomate.

Diluciones de spirulina y *Sargassum* a evaluar: Las dos mejores del primer objetivo

Quitosano: Quitomax® (1 g L⁻¹)

Tratamientos (imbibición de semillas 1 h)

T1: Control (H₂O)

T2: Spirulina D1

T3: Spirulina D2

T4: *Sargassum* D1

T5: *Sargassum* D2

T6: Spirulina D1+quitosano 1 g L⁻¹

T7: Spirulina D2+quitosano 1 g L⁻¹

T8: *Sargassum* D1+quitosano 1 g L⁻¹

T9: *Sargassum* D2+quitosano 1 g L⁻¹

T10: quitosano 1 g L⁻¹

Variables a determinar dinámica de crecimiento a los 15, 23, 30 días.

- número de hojas
- diámetro del tallo (cm)
- altura (cm)
- longitud radical (cm)
- biomasa seca aérea y de las raíces (g)
- contenido de clorofilas totales (unidades SPAD, medidor portátil MINOLTA).



Variables bioquímicas a determinar

Contenido de **clorofilas totales** en hojas (Arnon, 1949)

Contenido de **proteínas totales** en hojas (Sun, 1994)

Contenido de **carbohidratos totales** en hojas (Sadasivam y Manickam, 1996)

Contenido de **carbohidratos reductores** en hojas (South Gate, D.A.T, 1991)

Análisis de minerales (N, P, K) mediante absorción atómica

Análisis estadístico: Análisis de Varianza Simple y comparación de medias por la Prueba de Tukey HSD $p \leq 0,05$.

Análisis estadístico de la actividad enzimática En todas las determinaciones de proteínas y enzimas los datos resultantes se someterán a la verificación de las premisas del ANOVA antes de realizar un análisis de varianza de clasificación simple. Las medias resultantes se compararán con el test de Tukey para $p \leq 0.05$

Objetivo 3. Determinar la bioprotección de posturas de tomate contra patógenos fungosos mediante la activación de resistencia basal con la aplicación combinada de los bioestimulantes.

Tarea 3.1. Efecto de la combinación en la dinámica de respuestas defensivas y resistencia contra *Phytophthora* sp.

Diluciones de spirulina y *Sargassum* sp a evaluar: La que mejor resultado mostró en la tarea anterior

Tratamientos (imbibición de semillas 1 h)

T1: Control (H₂O)

T2: Control con patógeno

T3: Spirulina D + patógeno

T4: Sargassum D + patógeno

T5: quitosano 1 g L⁻¹ + patógeno

T6: Spirulina D+quitosano 1 g L⁻¹ + patógeno

T7: Sargassum D+quitosano 1 g L⁻¹ + patógeno

Determinación de indicadores defensivos a los 15, 20, 25 días después tratadas las semillas (6 plantas por muestreo) antes de poner el patógeno en contacto con las plantas y después de poner el patógeno con la planta



Indicadores a determinar en hojas

Actividad **β 1-3 glucanasa** (Boudart *et al.*, 1998) los resultados se expresarán como actividad específica (μ g glucosa min⁻¹ mg⁻¹ proteína)

Actividad **Fenilalanina-Amonio Liasa (PAL)** (Vander *et al.*, 1998). La actividad enzimática se expresará como actividad específica (μ g ácido trans-cinámico min⁻¹ mg proteína⁻¹)

Actividad **Peroxidasa (POD)** (Vander *et al.*, 1998). La actividad enzimática se expresará como actividad específica (μ moles H₂O₂ min⁻¹ mg⁻¹ proteína).

Actividad **quitinasa** (Walters *et al.*, 2007; Van Loon *et al.*, 2006) La actividad enzimática se expresará como actividad específica (mg de N-acetil glucosamina min⁻¹ mg de proteína⁻¹)

Contenido de fenoles (Singleton y Rossi (1965) se expresa en mg de ácido gálico equivalente por 100g de masa fresca de hojas)

Contenido de flavonoides (Quettier-Deleu *et al.* 2000) se expresa en mg de quercitina equivalente por 100g de masa fresca de hojas

imbibición de semillas (1 hora)



tubos de cristal con las raíces sumergidas en solución nutritiva (Hoagland y Arnon, 1950) y en contacto con un disco de agar de 6 mm con micelio de *Phytophthora* sp.

Se colocaran plantas con patógeno a los 15, 20 y 25 días de tratadas las semillas, se mantendrán en contacto vía raíz con el mismo, con un régimen de luz/oscuridad similar al de crecimiento. Se determinará grado de infección a las 96 horas de colocadas las plantas con el patógeno

Tabla 1: Escala de infección del patógeno *Phytophthora* sp. en las posturas de tomate (Falcón-Rodríguez *et al.* 2015; González-Peña *et al.*, 2021).

Grado	Descripción
0	Planta sana
1	Raíces y base del tallo afectadas
2	Tallo y hojas cotiledonales afectadas
3	1ro y/o 2do par de hojas afectados
4	Planta muerta

Grado 0



Grado 1



Grado 2



Grado 3



Grado 4



Análisis estadístico: Los datos obtenidos en la escala de infección se procesarán con el test no paramétrico de Kruskal Wallis y las medias resultantes se compararán con la prueba de Mann-Whitney con la corrección de Bonferroni, para $p \leq 0.05$. Los mismos datos se utilizarán también para calcular el Índice de infección de cada tratamiento, según la fórmula $I.I. = [\sum (G \times F) / N \times 5] \times 100$, donde G es el grado de infección alcanzado en la escala, F es su frecuencia, N es el número total de plantas en el tratamiento y 5 es el grado máximo en la escala de infección (Romanazzi *et al.*, 2002).

Análisis estadístico de la actividad enzimática En todas las determinaciones de proteínas y enzimas los datos resultantes se someterán a la verificación de las premisas del ANOVA antes de realizar un análisis de varianza de clasificación simple. Las medias resultantes se compararán con el test de Tukey para $p \leq 0.05$

Análisis de regresión lineal entre actividades enzimáticas e índice de infección Con el objetivo de conocer actividad enzimática tuvo más acción en la protección

Cronograma de ejecución de la tesis

Objetivos y tareas a ejecutar	2020	2021	2022	2023	2024
Presentar en comisión científica y en consejo científico INCA	X				
Presentar el Tema al CITMA	X				
Matricular en el doctorado (INCA)	X				
Cursos	X				
Objetivo 1		X			
Objetivo 2			X		
Objetivo 3			X	X	
Realización del examen de idioma	OK				
Realización de examen de filosofía	OK				
Publicación de artículos científicos	X		X	X	
Escritura de documento de tesis				1º y 2º S	1er Sem
Predefensa comisión departamento					Mayo
Examen de especialidad					Junio
Predefensa en consejo científico					Septiembre
Defensa final					Dic-Enero

Proyecto que apoya la investigación de tesis

Bioestimulantes a base de extractos de algas para el aumento de los rendimientos y la calidad de cultivos de importancia económica. **Programa de desarrollo y uso sostenible de Bioinsumos agrícolas y veterinarios**