



Fundación para la  
Innovación Agraria

## Informe Final Técnico y de Difusión

Proyecto: "Estudio de la factibilidad técnica de cultivar hortalizas, acelga y tomate cherry, con agua de mar empleando riego por capilaridad".

Código: EST-2016-0148

OFICINA DE PARTES 2 <sup>ª</sup> FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	17 MAR 2017
Hora	10:30
Nº Ingreso	37364

## Tabla de contenido

I. ANTECEDENTES GENERALES.....	7
II. RESUMEN EJECUTIVO.....	8
III. INFORME TÉCNICO .....	10
3.1. Objetivos del proyecto .....	11
3.2. Metodología .....	16
3.2.1. Método objetivo 1 .....	16
3.2.2. Método objetivo 2.....	27
3.2.3. Método objetivo 3.....	30
3.2.4. Método objetivo 4.....	33
3.2.5. Método objetivo 5.....	36
3.3. Actividades del proyecto .....	37
3.4. Resultados del proyecto. ....	40
3.4.1. Determinación de la capacidad de ascenso capilar de los sustratos. ....	40
3.4.2. Determinación de las características fisicoquímicas del sustrato.....	44
3.4.3. Construcción de las terrazas y establecimiento de las hortalizas. ....	45
3.4.4. Registros de campo: Evaluación de las fases fenológicas.....	50
3.4.5. Registros de campo: Evaluación de parámetros del sustrato. ....	52
3.4.6. Descripción del estado nutricional de la planta. ....	63
3.4.7. Rendimiento de los cultivos.....	66
3.4.8. Descripción del análisis proximal y de minerales de las hortalizas cosechadas.....	69
3.4.9. Análisis de la efectividad del uso del agua.....	72

3.4.10. Cuadro comparativo entre los resultados esperados y los obtenidos. .....	73
3.5. Fichas técnicas y análisis económico. ....	78
3.6. impactos y logros del proyecto. ....	80
3.7. Problemas enfrentados durante el proyecto. ....	82
3.8. Otros aspectos de interes. ....	83
3.9. Conclusiones y recomendaciones. ....	84
IV. INFORME DE DIFUSION. ....	87
V. ANEXOS. ....	92
VI. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA. ....	93

## Índice de Figuras

Figura 1 Estructura realizada para la determinación de la capacidad de ascenso capilar en compost, humus y arena fina. ....	17
Figura 2 Medidor de humedad del suelo (%). ....	18
Figura 3 Medidor de conductividad eléctrica de suelo (mS/cm) ....	18
Figura 4 Disponibilidad de los nutrientes en el suelo según el pH. (Instituto para innovacion tecnológica en agricultura, 2016) ....	20
Figura 5 Plano de terraza: Vista 3D. ....	28
Figura 6 Plano de la terraza: Vista Superior. ....	28
Figura 7 Plano de la terraza: Vista Frontal. ....	29
Figura 8 Plano de la terraza: Vista Lateral. ....	29
Figura 9 Marco de plantación del cultivo de tomates cherry. ....	31
Figura 10 Marco de plantación del cultivo de Acelgas. ....	32
Figura 11 Distribución del sustrato en las terrazas de cultivo. ....	46
Figura 12 Mapa de ubicación de las terrazas de cultivo. ....	47

Figura 13	Daños en hojas de acelga por sodio. ....	64
Figura 14	Planta de acelga regada por capilaridad con agua dulce.....	65
Figura 15	Planta de acelga regada por capilaridad con agua de mar.....	65
Figura 16	Hojas de acelga consumidas por larvas.....	68
Figura 17	Larvas encontradas en hojas de acelga y en plantas de tomate cherry. (Polilla del tomate o Tuta absoluta y Gusano gris o Agrotis segetum).....	69
Figura 18	Insecticida utilizado para el control de larvas. ....	69
Figura 19	Terraza de cultivo con riego por capilaridad.....	79
Figura 20	Terrazas a pequeña escala. ....	83
Figura 21	Pruebas de terrazas de cultivo en Bins. ....	84

## Índice de Gráficos

Gráfico 1	Perfiles de humedad y de salinidad del Compost. ( $CE_{\text{Agua de mar}} = 55$ mS/cm). ....	41
Gráfico 2	Perfiles de humedad y salinidad del Humus ( $CE_{\text{agua de mar}} = 55$ mS/cm).. .....	42
Gráfico 3	Perfiles de humedad y de salinidad de la Arena. ( $CE_{\text{Agua de mar}} = 55$ mS/cm). ....	43
Gráfico 4	Alturas máximas alcanzadas por las plantas de Acelga en cada nivel... .....	50
Gráfico 5	Alturas máximas alcanzadas por las plantas de tomate cherry en cada nivel. ....	51
Gráfico 6	Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 1 Terraza de Acelgas) ....	53
Gráfico 7	Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 2 Terraza de Acelgas). ....	54
Gráfico 8	Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 3 Terraza de Acelgas). ....	55
Gráfico 9	Humedad en cada nivel de la terraza de acelgas .....	56

Gráfico 10	Conductividad eléctrica en cada nivel de la terraza de acelgas.....	57
Gráfico 11	Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 1 Terraza de Tomates cherry).....	58
Gráfico 12	Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 2 Terraza de Tomates cherry).....	59
Gráfico 13	Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 3 Terraza de Tomates Cherry).....	60
Gráfico 14	Humedad en cada nivel de la terraza de tomates cherry.....	61
Gráfico 15	Conductividad eléctrica en cada nivel de la terraza de tomates cherry. ....	62

## Índice de Tablas

Tabla 1	Interpretación de resultados. (Universidad de Chile).....	26
Tabla 2	Ensayo de ascenso capilar del Compost.....	41
Tabla 3	Ensayo de ascenso capilar del Humus.....	42
Tabla 4	Ensayo de ascenso capilar de la Arena .....	43
Tabla 5	Resultados de la caracterización fisicoquímica de los sustratos. ....	44
Tabla 6	Monitoreo de temperatura y pH del sustrato en la terraza de acelgas. .	57
Tabla 7	Monitoreo de la temperatura y pH del sustrato en la terraza de tomates cherry. ....	62
Tabla 8	Resultados del análisis foliar del cultivo de Acelgas regados capilarmente con agua de mar.....	64
Tabla 9	Registro de frutos de plantas de tomate cherry en el Nivel 3 .....	66
Tabla 10	Rendimiento del cultivo de tomates cherry en el nivel 3 (altura 110 cm), .....	67
Tabla 11	Rendimiento de las acelgas en el Nivel 1 (altura 40 cm).....	67
Tabla 12	Rendimiento de las acelgas en el Nivel 2 (altura 80 cm).....	67
Tabla 13	Resultados del Análisis proximal y fibra dietética total (FDT) del cultivo de acelgas. ....	70

Tabla 14	Resultados de Análisis de minerales de las acelgas.....	71
----------	---	----

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1	Ecuación para la determinación de la densidad aparente de un suelo. ....	21
Ecuación 2	Ecuación para la determinación de la CIC.....	23
Ecuación 3	Ecuación para la determinación del contenido de humedad en el sustrato. ....	24
Ecuación 4	Ecuación del factor de conversión para convertir los resultados a suelo secado al 105°C.....	24

## I. ANTECEDENTES GENERALES

Código del Proyecto	EST-2016-0148
Nombre del Proyecto	Estudio de la factibilidad técnica de cultivar hortalizas, acelga y tomate cherry, con agua de mar empleando riego por capilaridad.
Región o Regiones de ejecución	Antofagasta
Agente Ejecutor	-
Agente (s) Asociado (s)	-
Coordinador del proyecto	Natalia Gutiérrez Roa
Costo Total	
Aporte del FIA	
Período de Ejecución	Mayo 2016 – Enero 2017

## II. RESUMEN EJECUTIVO

El riego es uno de los grandes temas pendientes en la ciudad de Antofagasta, una ciudad costera con una actividad agrícola reducida debido al estrés hídrico debido a las pocas fuentes de agua dulce que existen a su alrededor. Por otro lado el aumento constante de la demanda de alimentos debido al incremento de la población, nos ha llevado a buscar soluciones para optimizar el uso del agua dulce, a través del riego tecnificado y/o a través de innovar mediante aprovechamiento del potencial del agua de mar como fuente hídrica no convencional para uso agrícola, de manera tal que contribuyan al desarrollo sostenible de la agricultura en la costa de Antofagasta.

Por lo anterior, a partir del presente estudio se analizó la factibilidad técnica y económica de regar hortalizas con agua de mar, a través de un método de riego innovador denominado riego por capilaridad, en el cual se emplea un sistema freático, el cual hace llegar la humedad a la planta desde la parte inferior por capilaridad. Al crear la capa freática con agua de mar en la parte inferior del sustrato, el agua de mar asciende capilarmente por el sustrato hasta alcanzar las raíces en donde la concentración de sales es mucho menor que la concentración en la zona freática, creándose un gradiente de concentración, el cual se ve fortalecido en su recorrido por el sustrato, por la capacidad de retención de sales que este pudiera tener, creándose así un subsuelo en constante humedad y con menor contenido de sales.

El presente informe comprende el desarrollo del proyecto: “Estudio de la factibilidad técnica de cultivar hortalizas, acelga y tomate cherry, con agua de mar

empleando riego por capilaridad”, el cual ha sido motivado por los antecedentes científicos generados por diversos grupos de investigadores en el mundo, y específicamente el proyecto desarrollado en España por la Fundación Aquamaris, el cual se basó en el cultivo de jardines escalonados con riego por capilaridad con agua de mar (Aquamaris, 2017).

El presente estudio tuvo resultados positivos, ya que parte de las plantas cumplieron con todas sus fases fenológicas desde el trasplante a las terrazas hasta la cosecha. El efecto de la salinidad se visualizó a través del crecimiento tardío de las plantas y la producción de frutos de menor tamaño de lo normal, debido al estrés hídrico que provoca el cloruro de sodio en los cultivos.

### III. INFORME TÉCNICO

El estudio se llevó a cabo en las dependencias de la Universidad Católica del Norte, en la Comuna de Antofagasta ubicada a 23°38'39 S de latitud y 70°24'39 O de longitud, con una elevación media de 40 m.s.n.m., en la costa de la Segunda Región de Antofagasta, Chile.

Un punto importante a recalcar sobre la ciudad de Antofagasta es su condición climática, la cual contempla una precipitación media anual de 4 mm, por lo que comprende una gran diferencia en cuanto a las otras investigaciones desarrolladas sobre el riego con agua de mar, ya que las lluvias podrían contribuir lavando naturalmente el sustrato haciendo que las sales se lixivien hacia zonas inferiores cada cierto tiempo.

A lo largo de la costa de Antofagasta se localiza un clima desértico costero nuboso. Sus efectos se manifiestan hasta 20 kilómetros al interior donde la sequedad atmosférica es mayor, debido a que por causas del relieve, la influencia marítima es retenida en los cerros de la Cordillera de la Costa. Las características principales de este subtipo climático se traducen en un efecto modelador de las temperaturas producto de la corriente fría de Humboldt, la presencia de abundante humedad, neblinas matinales y la ausencia de precipitaciones. (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s.f.)

En general, el agua de mar tiene un alto contenido de sales presentando una salinidad aproximada de 35 g/l, la cual está determinada por el cloruro de sodio, sal que provoca estrés hídrico en las plantas dificultando el crecimiento de éstas. Presentando el agua de mar una conductividad eléctrica alrededor de 55 mS/cm, se espera que en la superficie donde se encuentra la zona radicular la conductividad eléctrica no supere la tolerada por las plantas que es entre 2,5 y 4 mS/cm dependiendo del cultivo.

Para realizar este estudio, se construyeron dos terrazas de cultivo de hortalizas, con tres niveles de distintas alturas, en el primer nivel se contempló 40 cm de sustrato, para el segundo nivel 80 cm y el último nivel 110 cm y cada terraza cuenta con un nivel freático de agua de mar en sus bases.

Los resultados más destacados fueron los obtenidos en el nivel 1 (40 cm) de la terraza de acelgas con un crecimiento de las plantas de entre 22 y 52 cm de altura y los resultados obtenidos también en el nivel 3 (110 cm) de la terraza de tomates cherry con un crecimiento de las plantas de entre 46 y 72 cm de altura y una producción de tomates cherry de 3 a 17 frutos por planta.

### 3.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### **Objetivo general:**

Evaluar la factibilidad de cultivar acelga y tomate cherry en terrazas regadas capilarmente con agua de mar.

**Objetivos específicos:**

1. Realizar ensayos de capilaridad en diferentes sustratos a utilizar en terrazas regadas capilarmente para medir el perfil de salinidad y humedad alcanzada y obtener así los parámetros de diseño que permitan optimizar la construcción de las terrazas de cultivos.
2. Diseñar y construir terrazas demostrativas de la técnica de riego por capilaridad con agua de mar.
3. Realizar pruebas de campo para evaluar las fases fenológicas del cultivo y determinar rendimiento y calidad de las hortalizas en cada nivel de terraza.
4. Analizar factibilidad económica de la implementación de terrazas regadas capilarmente con agua de mar a escala productiva.
5. Transferir y difundir resultados de la técnica de riego por capilaridad con agua de mar en cultivo de acelga y tomate cherry.

El objetivo general se logró en su totalidad, y a continuación se presentan de forma resumida en la siguiente tabla los resultados de las actividades desarrolladas para cumplir con cada objetivo específico (OE) propuestos en el plan operativo.

N° OE	N° RO	Resultado Obtenido (RO)	Nombre del indicador	Resultado del indicador	Porcentaje de cumplimiento
1	1	Perfil de humedad (%)	Humedad Compost	23 – 50	100%
			Humedad Humus	25 – 50	100%
			Humedad Arena	0 – 50	100%
1	2	Perfil de salinidad (mS/cm)	Salinidad Compost	0,72 – 2,35	100%
			Salinidad Humus	0,91 – 3,82	100%
			Salinidad Arena	0,09 – 8,88	100%
1	3	Altura del sustrato (cm)	Altura	<u>Altura de cada nivel:</u> <b>Nivel 1:</b> 40 cm <b>Nivel 2:</b> 80 cm <b>Nivel 3:</b> 110 cm	100%
1	4	Elección del sustrato (Capacidad de ascenso capilar, densidad aparente y capacidad de intercambio catiónico)	Elección sustrato	<u>Capas de sustrato:</u> <b>Nivel 1:</b> Arena 5 cm; Compost: 30 cm y Humus: 5 cm. <b>Nivel 2:</b> Arena 5 cm; Compost 70 cm y Humus 5 cm. <b>Nivel 3:</b> Arena 5 cm; Compost 100 cm y Humus 5 cm.	100%

N° OE	N° RO	Resultado Obtenido (RO)	Nombre del indicador	Resultado del indicador	Porcentaje de cumplimiento
3	1	Siembra de hortalizas (Marco de plantación)	Siembra	<u>Terraza 1 de Tomate Cherry:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre hilera 40 cm.</li> <li>• Sobre hilera 25 cm</li> </ul> <u>Terraza 2 de Acelgas</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre hilera 40 cm</li> <li>• Sobre hilera 20 cm</li> </ul>	100%
3	2	Registro semanal de evaluaciones de campo:  <u>Acelgas:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N° de hojas presentes</li> <li>• Altura de planta</li> <li>• Número de hojas dañadas</li> </ul> <u>Tomates:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N° de peciolo presentes.</li> <li>• Altura de planta.</li> <li>• N° peciolo con dañados.</li> </ul> <u>Parámetros del sustrato:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura (°C)</li> <li>• CE</li> <li>• pH</li> <li>• Humedad (%)</li> </ul>	Registro de campo	<u>Acelgas</u> <b>N° de hojas=</b> Nivel 1: 17 – 56 Nivel 2: 6 – 32 Nivel 3: 4 – 25 <b>Altura de planta=</b> Nivel 1: 22 – 52 Nivel 2: 6 – 34 Nivel 3: 7 – 20 <b>N° de hojas con daños salinidad= 1 – 29</b>  <u>Tomates</u> <b>N° de peciolo=</b> Nivel 1: 6 – 17 Nivel 2: 5 – 17 Nivel 3: 9 – 56 <b>Altura de planta=</b> Nivel 1: 14 – 27 Nivel 2: 13 – 26 Nivel 3: 9 – 73 <b>N° de hojas con daños salinidad= 11 – 41</b>	100%
3	3	Descripción del estado nutricional de la planta.	Análisis foliar	<b>ANEXO 6:</b> Informe de Análisis foliar	100%

N° OE	N° RO	Resultado Obtenido (RO)	Nombre del indicador	Resultado del indicador	Porcentaje de cumplimiento
3	4	Registro de numero de frutos y peso de frutos durante la cosecha.	Peso de fruto	<b>Peso de frutos = 3,4 – 5 gr</b> <b>N° de tomates por planta = 3 – 17</b>	100%
3	5	Rendimiento expresado en Kg/m2 por cada nivel de terraza. Rendimiento esperado.	Rendimiento	<p><u>Acelgas (kg/m2)</u></p> <p>Nivel 1 = 1,33 Nivel 2 = 0,24 Nivel 3 = 0 Kg/planta: 0,16 – 0,03 (Anexo 7)</p> <p><u>Tomates (kg/m2)</u></p> <p>Nivel 1 = 0 Nivel 2 = 0 Nivel 3 = 0,28</p>	100%
3	6	Descripción de análisis proximal y de minerales de las hortalizas cosechadas.	Análisis de hortalizas.	<b>ANEXO 8: Análisis de plantas</b>	100%
4	1	Análisis factibilidad económica. B/C (Ingresos / costos).	Costo – beneficio.	<b>ANEXO 11: Fichas B/C</b> <b>ANEXO 12: Análisis económico de la inversión</b>	100%
5	1	Seminario de difusión. (N° de asistentes al seminario)	Seminario realizado.	La actividad de seminario de cierre programado para Enero de 2017, fue postergada para el 30 de Marzo de 2017, por motivos de mejorar la convocatoria del evento.	0%

## 3.2. METODOLOGIA

A continuación se describen los procedimientos, técnicas de trabajo y tecnologías que se utilizaron para alcanzar cada uno de los objetivos específicos.

### 3.2.1. Método objetivo 1

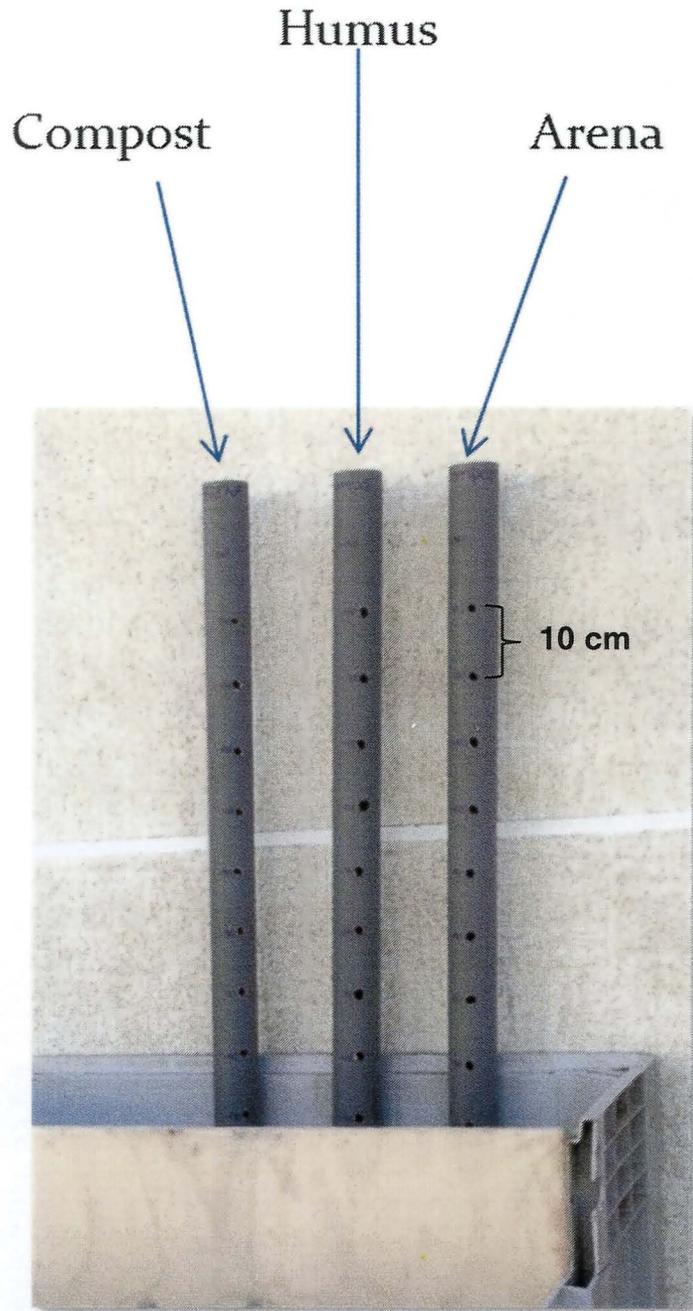
El sistema de riego que se utilizó en las terrazas de cultivo es un sistema capilar, donde el agua de mar se encuentra en el nivel freático de cada terraza, mientras que las plantas se encuentran en la superficie de las terrazas y a través de sus raíces absorben el agua necesaria para su crecimiento. Por lo tanto, fue necesario conocer la capacidad de ascenso capilar que tiene cada uno de los sustratos que se utilizaron en las terrazas, con el propósito de obtener los perfiles de humedad y de salinidad de los sustratos, que finalmente nos ayudó a determinar cuál es el mejor sustrato.

Para llevar a cabo este experimento se tomó como ejemplo la experiencia realizada por Terzaghi, Peck y Mesri, del libro *Soil Mechanics in Engineering Practice* (Terzaghi, et al., 1996) y cuyo montaje se muestra en la Fig.1.

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

- Tres tubos de PVC de 1,40 cm de altura y 7,50 cm de diámetro.
- Seis abrazaderas de 7,50 cm.
- Malla para mantener el sustrato dentro del tubo.
- Cinta multiuso para fijar la malla al tubo de PVC.
- Estanque con 10 cm de agua de mar en su interior

- Sustrato (humus, compost y arena fina) aproximadamente 6 litros cada uno.



**Figura 1** Estructura realizada para la determinación de la capacidad de ascenso capilar en compost, humus y arena fina.

Cada tubo fue perforado desde los 20 cm de altura cada 10 cm para insertar los equipos de medición de humedad (Fig. 2) y conductividad eléctrica (Fig. 3).

Los tres tubos, ya perforados, sellados en la base con malla y rellenos con sustrato, fueron sumergidos de forma vertical en el estanque con 10 cm de agua de mar (CEaguamar = 55 mS/cm) y fijados cada uno con dos abrazaderas (Fig. 1).



**Figura 2** Medidor de humedad del suelo (%)



**Figura 3** Medidor de conductividad eléctrica de suelo (mS/cm)

Las perforaciones fueron selladas con cinta multiuso de modo que al rellenar cada tubo con el sustrato este no fluyera por los orificios. Antes de rellenar los tubos, el sustrato fue secado al aire para observar de mejor manera los cambios de humedad en cada perforación.

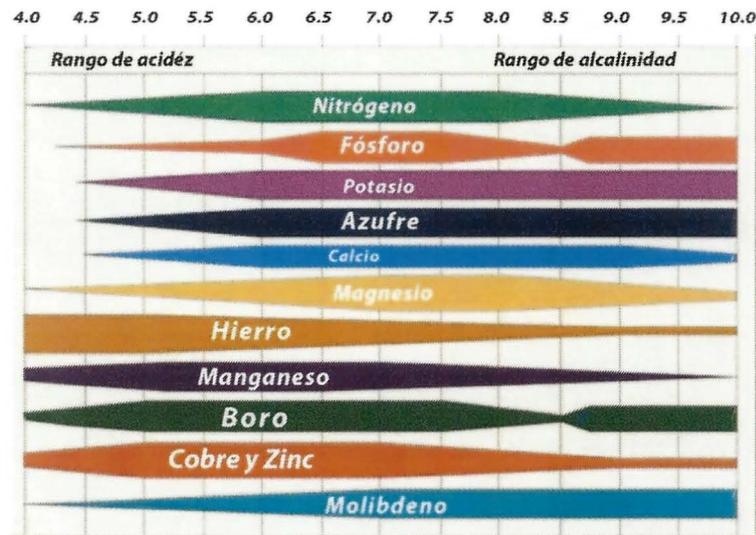
Luego de una hora de sumergidos se midió la conductividad eléctrica y humedad de cada tubo a través de las perforación por medio de los equipos portátiles antes mencionados para obtener un perfil de salinidad y de humedad de cada sustrato. Se espera que en cada altura la CE se mantenga en un nivel óptimo para el crecimiento de las plantas (<4mS/cm aproximadamente) y que la humedad sea la suficiente para mantener las plantas en un medio relativamente húmedo (>20% aproximadamente).

Además de la determinación de la capacidad de ascenso capilar, los sustratos fueron sometidos a las siguientes pruebas:

#### Determinación del pH:

El pH es uno de los parámetros que mejor refleja las propiedades químicas de cualquier suelo. El pH es un factor que determina la disponibilidad de muchos de los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas. Aunque no sea posible deducir la acidez total del suelo midiendo el pH, existen tres rangos de pH que son muy informativos sobre la química del suelo:

- Un pH < 4; indica la presencia de ácidos libres, generalmente resultantes de la oxidación de sulfuro.
- Un pH < 5,5; indica la presencia de aluminio intercambiable.
- Un pH entre 7,8 y 8,2; indica con frecuencia la presencia de alto contenido de  $\text{CaCO}_3$ .



**Figura 4** Disponibilidad de los nutrientes en el suelo según el pH. (Instituto para innovación tecnológica en agricultura, 2016)

En este caso se utilizó como metodología para la determinación de pH, el método potenciométrico. El potenciómetro (pH-metro) utiliza un electrodo de vidrio que es sensible a  $H^+$  y un electrodo de referencia que es normalmente Calomel. Debido a que el pH es sensible a la temperatura muchas veces el potenciómetro viene con compensación interna a la temperatura. Con soluciones amortiguadas de pH conocido, el pH-metro puede ser estandarizado. Una muestra de suelo debe ser mezclada con una solución dentro un vaso precipitado, la más común es 1: 1 (suelo: solución), y luego se sumerge el pH-metro dentro de la mezcla (McKean, 1993)

#### Determinación de la densidad aparente del sustrato:

La densidad aparente del suelo (DA) se define como la masa de suelo seco en una determinada unidad de volumen edáfico (sólidos + poros), y su valor se relaciona con la proporción de poros existente en dicho volumen de suelo.

Los métodos disponibles para la determinación de la DA se pueden clasificar en dos grupos: métodos indirectos basados en emisión de radiaciones de distinto tipo y/o electricidad, y métodos directos basados en la medición de un volumen de suelo y de la masa que contiene. Ambos grupos de metodologías tienen sus limitaciones y problemas como así también diferencias en la accesibilidad para los usuarios.

El método más comúnmente utilizado para la determinación de DA es el conocido como "método del cilindro" (MC), que consiste en introducir un cilindro metálico en el suelo y luego de enrasarlo, una vez extraído se determina la masa de suelo seco que se encuentra en su interior. (Agostini, et al., 2014)

Para este estudio se eligió el MC, por lo que se utilizaron 3 cilindros de 120 cm<sup>3</sup> (uno para cada tipo de sustrato). Se enrasaron los cilindros con las muestras, las cuales se llevaron al laboratorio para su secado en estufa a 110°C por 24 horas y posterior pesado para determinar su masa.

$$DA = \frac{\textit{Peso sustrato seco}}{\textit{Volumen sustrato humedo}}$$

**Ecuación 1** Ecuación para la determinación de la densidad aparente de un suelo.

### Determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La importancia de la CIC se debe a que controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas:  $K^+$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ , entre otros, interviene en los procesos de floculación – dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados, y también determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo. (Laboratorio SAP, U de Chile, 2016)

Según el Manual de Análisis de Suelos y Tejido Vegetal (McKean, 1993), para determinar la CIC del suelo, se saturan los sitios de intercambio con un exceso de acetato de amonio. Luego se lava el suelo con alcohol para eliminar el exceso de amonio en la solución del suelo. El amonio que queda ocupa los sitios de intercambio. Se lixivia el suelo con una solución de cloruro de sodio para desplazar el amonio y se mide la concentración de amonio en el extracto por titulación con hidróxido de sodio.

#### Reactivos:

- Alcohol etílico ( $C_2H_5COOH$ ) 96%.
- Cloruro de sodio (NaCl) 10 %.  
Pesar 10 mg de NaCl y completar a volumen de 100 ml con agua.
- Formaldehído 36%.
- Fenolftaleína 1 % en etanol.  
Pesar 1 g y disolver en 70 ml de etanol. Completar a volumen de 100 ml con etanol.
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 M.  
Pesar 4 g de NaOH y completar a volumen de 1 lt con agua.

Procedimiento:

- Lavar el suelo que queda en el embudo después de obtener el extracto de acetato de amonio para determinar cationes intercambiables, con 5 porciones de alcohol etílico del 96% neutralizado desechándose luego estos lavados.
- Desplazar el amonio intercambiable mediante 5 lavados de 10 ml cada uno de NaCl al 10% los cuales son recogidos en Erlenmeyers de 125 ml.
- Después de finalizar la filtración (al vacío) agregar al filtrado 10 ml de formaldehído al 38%, 3 gotas de fenolftaleína y titular con NaOH 0,1 M hasta un color rosado pálido o permanente.

Cálculos:

La capacidad de Intercambio catiónico se expresa en meq/100g de suelo.

$$CIC = ml NaOH \times N de NaOH \times \frac{vol extracto}{vol alícuota} \times \frac{100}{peso de la muestra}$$

$$CIC = ml NaOH \times 0,1 \times \frac{50}{50} \times \frac{100}{5}$$

$$CIC = ml NaOH \times 2 = meq/100g de suelo$$

**Ecuación 2** Ecuación para la determinación de la CIC.

Contenido de humedad:

Normalmente se analizan los suelos después de que hayan sido secados al aire. Muchas veces se reportan los resultados basados en el suelo secado a 105°C.

Esto facilita la comparación de resultados de suelos secados al aire a temperaturas diferentes que hayan sido obtenidos en épocas diferentes o de varios laboratorios. Cuando se conoce la humedad de un suelo, se puede calcular el peso del suelo secado a 105°C del secado al aire y usar un factor de conversión para obtener todos los resultados basados en el suelo secado a 105°C.

Procedimiento:

- Pesar un crisol.
- Pesar en el crisol 10 g de suelo secado al aire.
- Disponer del crisol en el horno a una temperatura de 105°C por 24 horas.
- Dejar enfriar en un desecador y pese de nuevo.
- Por convención se calcula la humedad en base del suelo seco a 105°C:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Suelo seco al aire} \times \text{Suelo seco a } 105^{\circ}\text{C}}{\text{Suelo seco a } 105^{\circ}\text{C}} \times 100$$

**Ecuación 3** Ecuación para la determinación del contenido de humedad en el sustrato.

- Para convertir los resultados a suelo secado al 105°C, se usa el factor de conversión (FC):

$$FC = \frac{\text{Suelo seco al aire}}{\text{Suelo seco a } 105^{\circ}\text{C}}$$

**Ecuación 4** Ecuación del factor de conversión para convertir los resultados a suelo secado al 105°C

## Estimación de la salinidad del suelo por conductividad eléctrica

La facilidad con que la planta puede aprovechar el agua en el suelo depende no solamente del contenido de agua en el suelo, sino también de la concentración de sales disueltas en la solución del suelo. La presión osmótica de la solución aumenta con un incremento del contenido de sales e incrementa la dificultad que tiene la planta para aprovechar el agua. La tolerancia de los cultivos a la salinidad está relacionada con la conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo. (McKean, 1993)

### Materiales:

- Agitador.
- Conductímetro.
- Agua destilada.
- Recipiente de vidrio o polietileno.

### Procedimiento:

- Relación 1:1 (suelo: agua). Pesar 100 g de suelo seco al aire en un recipiente.
- Agregar 100 ml de agua destilada.
- Agitar o mezclar vigorosamente la suspensión durante 10 min y filtrar.
- Seguidamente introducir el conductímetro. Leer la CE una vez establecida la lectura. El tiempo requerido para estabilización generalmente es de 1 minuto o menos.

**Tabla 1** Interpretación de resultados. (Universidad de Chile, s.f.)

<b>CE en mS/cm a 25°C</b>	<b>Efectos</b>
0 – 2 No salino.	Despreciable en su mayoría.
2 – 4 Ligeramente salino.	Se restringen los rendimientos de cultivos muy sensibles.
4 – 8 Moderadamente salinos.	Disminuyen los rendimientos de la mayoría de los cultivos.
8 – 16 Fuertemente salinos.	Solo dan rendimientos satisfactorios los cultivos tolerantes.
> 16 Muy fuertemente salinos.	Solo dan rendimientos satisfactorios algunos cultivos muy tolerantes.

Utilizando la información obtenida a partir de los ensayos de capilaridad y la caracterización fisicoquímica de cada sustrato, se procede a determinar un diseño para las terrazas con sus respectivas dimensiones.

### **3.2.2. Método objetivo 2.**

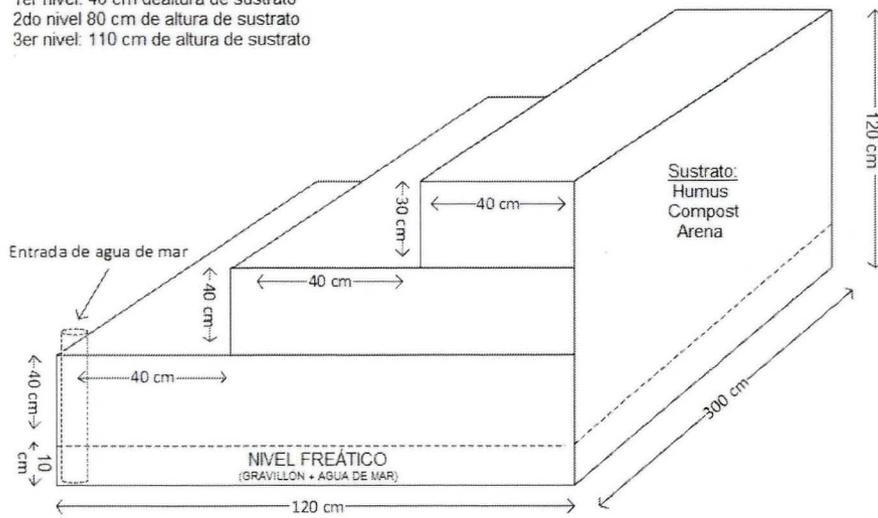
En la búsqueda de una altura óptima de las terrazas para el crecimiento de plantas regadas capilarmente con agua de mar, cada terraza contará con tres alturas o niveles diferentes. El primer nivel tendrá una altura de sustrato de 40 cm, el segundo será de 80 cm y el tercero de 110 cm, todas por sobre los 10 cm de agua de mar que se encontrará en la parte inferior de cada terraza. La finalidad de tener tres niveles diferentes, es analizar el comportamiento del ascenso capilar a diferentes alturas y por ende tener mayores conclusiones sobre el comportamiento y adaptación de las plantas. Así se espera, tener 3 resultados diferentes para cada terraza, y determinar cuál de ellos es el más eficaz para cada cultivo. En cuanto al ancho y largo de las terrazas, estas se determinaron según el marco de plantación de cada cultivo, de modo que en cada nivel se puedan trasplantar entre 10 y 13 plantas por hilera.

En las siguientes figuras se pueden observar los planos con distintas vistas de las terrazas con sus dimensiones respectivas:

**Diseño de las terrazas:**

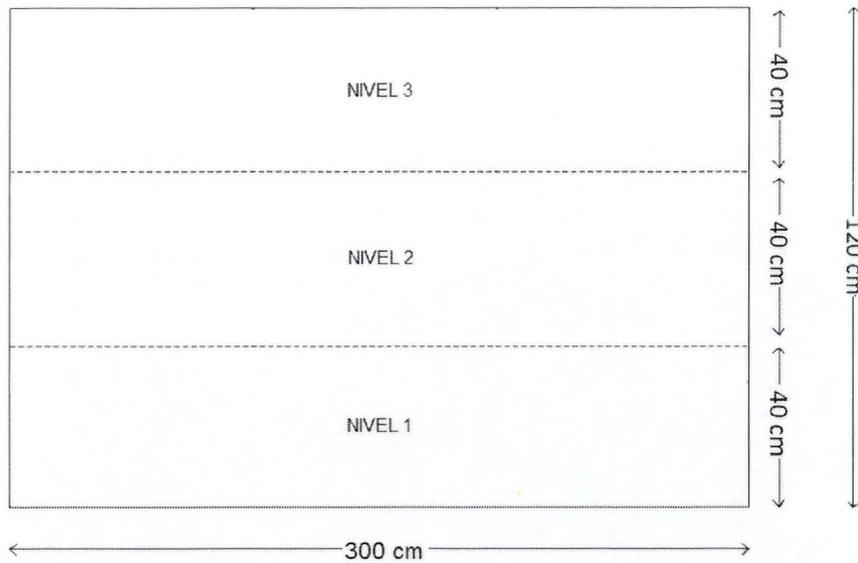
Altura total 120 cm  
Altura del nivel freático con agua de mar: 10 cm  
1er nivel: 40 cm de altura de sustrato  
2do nivel: 80 cm de altura de sustrato  
3er nivel: 110 cm de altura de sustrato

**VISTA EN 3D**



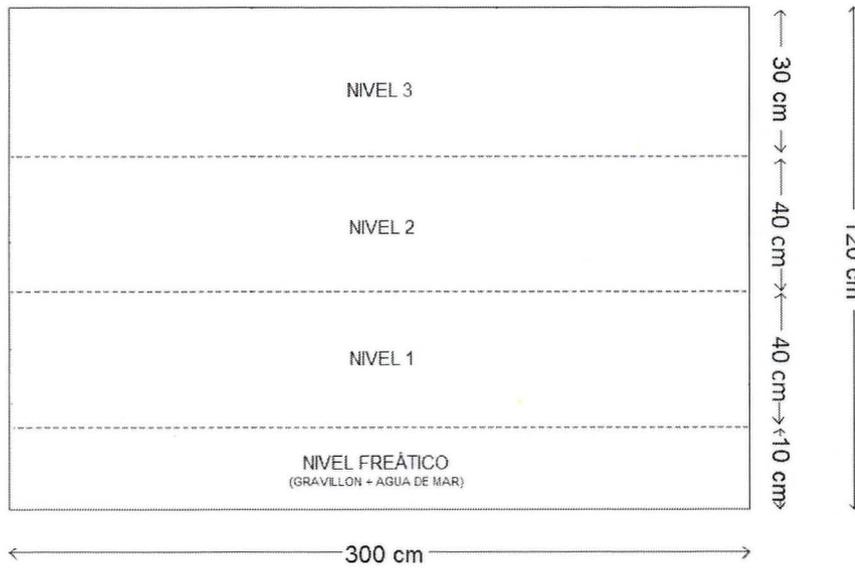
**Figura 5** Plano de terraza: Vista 3D.

**VISTA SUPERIOR**



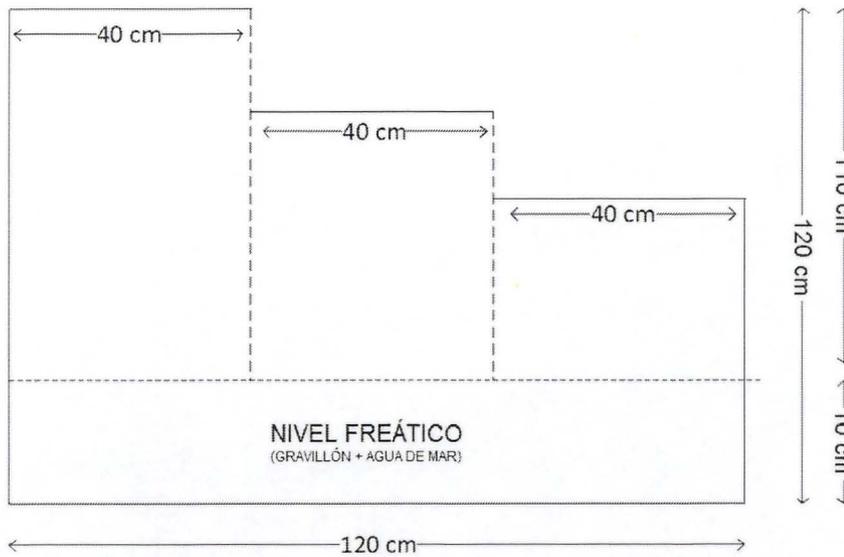
**Figura 6** Plano de la terraza: Vista Superior.

### VISTA FRONTAL



**Figura 7** Plano de la terraza: Vista Frontal.

### VISTA LATERAL



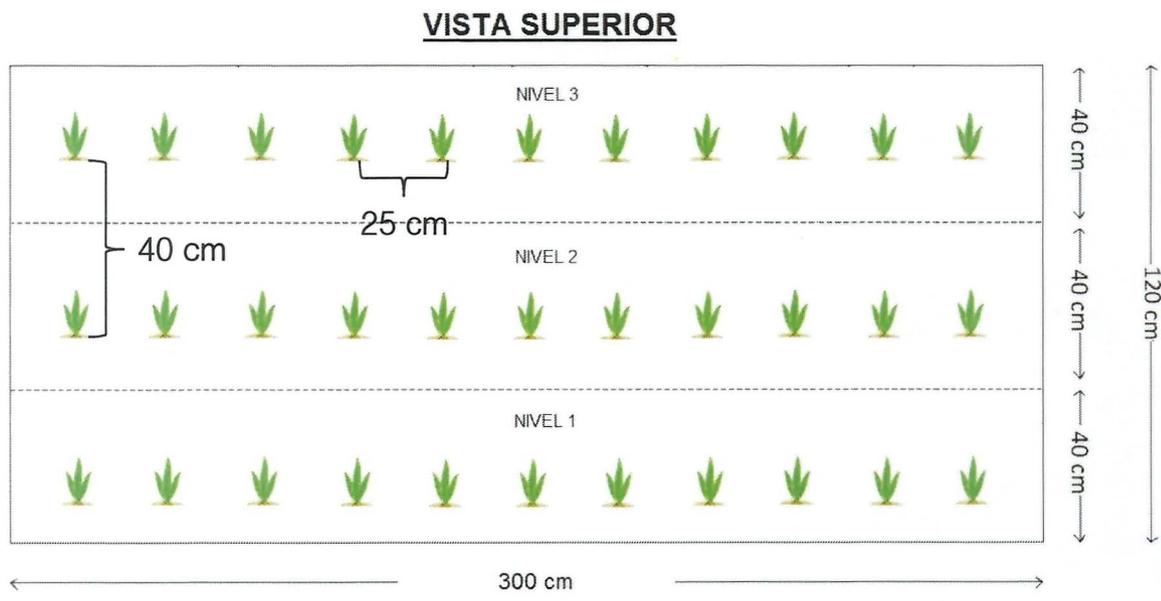
**Figura 8** Plano de la terraza: Vista Lateral.

La construcción de las terrazas de hormigón se llevó a cabo durante el mes de Julio y Agosto de 2016 con el objetivo de estudiar la factibilidad técnica de las terrazas para el cultivo de hortalizas regadas con agua de mar, se procede entonces a construir dos terrazas demostrativas (una para el cultivo de Tomate Cherry y otra para Acelgas).

### **3.2.3. Método objetivo 3.**

Paralelo a la construcción se establecieron almácigos con las plantas de tomates cherry y acelgas. En sus inicios las hortalizas se produjeron en almacigueras, debido a la sensibilidad de ambas plantas a la salinidad en la etapa de germinación y en el estado de plántula se regaron con agua dulce hasta alcanzar los 5 a 7 cm de altura.

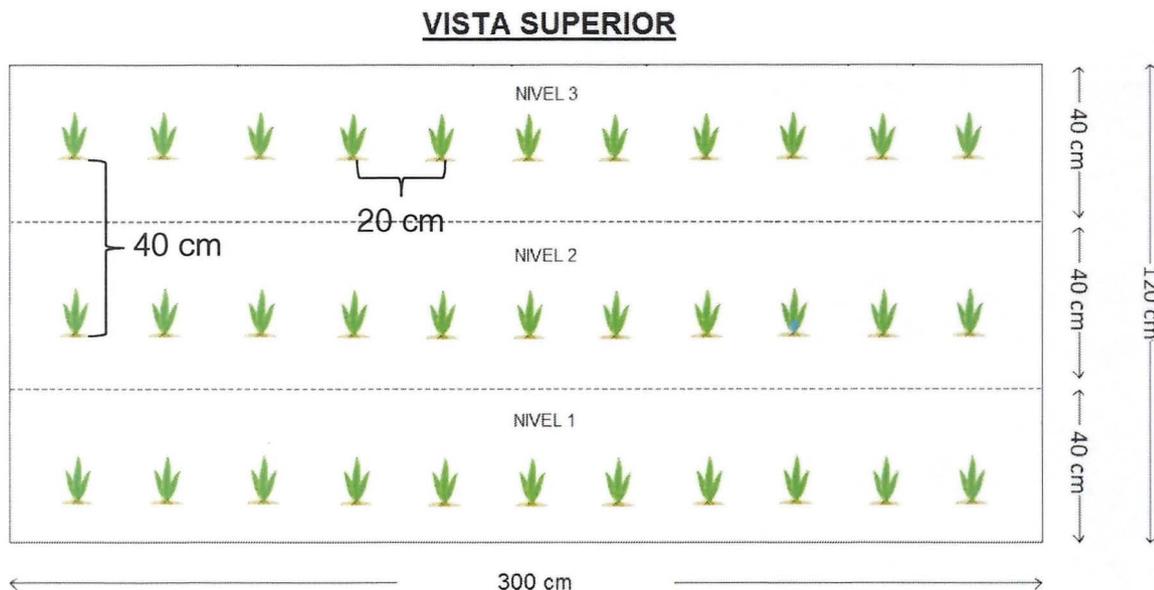
Luego de finalizada la construcción de las terrazas se procede a trasplantar. En la terraza de tomates cherry se trasplantaron 12 plántulas en cada uno de los niveles con un total de 36 plántulas de tomate. Con el siguiente marco de plantación:



**Figura 9** Marco de plantación del cultivo de tomates cherry.

- Entre hilera 40 cm aproximadamente (en este caso se refiere a la separación que existe entre niveles de la terraza).
- Sobre hilera 25 cm aproximadamente.

En el caso de la terraza de acelgas se trasplantaron 13 plántulas en cada uno de los niveles con un total de 39 plántulas de acelga. Con el siguiente marco de plantación:



**Figura 10** Marco de plantación del cultivo de Acelgas.

- Entre hilera 40 cm aproximadamente (en este caso se refiere a la separación que existe entre niveles de la terraza).
- Sobre hilera 20 cm aproximadamente.

Una vez establecidas las plantas se procede a una evaluación semanal de las fases fenológicas de cada planta, tomando como indicadores los siguientes:

- N° de hojas totales o peciolos.
- Altura de las plantas (en centímetros).
- N° de hojas o peciolos con daños (insectos, virus, estrés lumínico o muerte de la planta).
- N° de frutos.

**Metodología aplicada para la evaluación de las fases fenológicas:**

Se le concedió un número a cada planta para facilitar el registro. A través de una huincha de medir se procedió a medir las plantas y contar cada hoja de acelgas y

peciolo de las plantas de tomate Cherry. Además se tomó registro de daños por enfermedades, plagas o toxicidad de las plantas.

Es importante tener además un registro de los parámetros del sustrato:

- Conductividad eléctrica (mS/cm).
- Humedad del suelo (%).
- pH
- Temperatura (°C).

#### Metodología aplicada para el registro de los parámetros del sustrato:

Se utilizaron los equipos de medición portátil y directa en suelo mostrados anteriormente en las Fig. 2 y 3, y en cada nivel se definieron ocho puntos al azar de monitoreo, y para el análisis de pH se tomaron muestras aleatorias representativas de cada nivel, llevándolas luego a laboratorio.

Uno de los métodos de control de la salinización es el lavado de sales con base en el uso de volúmenes de agua de sobre riego para desplazar sales de los horizontes superiores a los inferiores y evacuarlas a través de drenaje parcelario hacia el mar o lagunas artificiales donde no causan impacto ambiental.

#### **3.2.4. Método objetivo 4.**

La factibilidad económica de implementación para terrazas de cultivo regadas con agua de mar bajo sistema de riego por capilaridad se evaluó tomando en consideración el indicador de beneficio – costo (B/C), el cual mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad. Si el resultado es mayor que 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos. En otras palabras, los beneficios (ingresos) son mayores a los sacrificios (egresos) y, en consecuencia, el proyecto generará riqueza a una comunidad. Si el proyecto genera riqueza con seguridad traerá consigo un beneficio social.

Para lo anterior se realizó:

1. En primer lugar se debe tener conocimientos de la densidad del cultivo expresado en plantas/m<sup>2</sup> y el rendimiento del cultivo expresado en el caso de los tomates cherry en caja/m<sup>2</sup>, y para el caso de las acelgas en atado/m<sup>2</sup>. (un atado corresponde aproximadamente a 3,74 plantas de acelga).
2. La definición de costos y beneficios: en primer lugar se debe hallar la proyección de los costos totales y los ingresos totales netos o beneficios netos del proyecto para un periodo de tiempo determinado.
3. Hallar relación costo-beneficio: se divide el valor actual de los beneficios entre el valor actual de los costos del proyecto.
4. Interpretación de la relación B/C: para concluir acerca de la viabilidad de un proyecto, bajo este enfoque, se debe tener en cuenta la comparación de la relación B/C hallada en comparación con 1, así tenemos lo siguiente:
  - B/C > 1 indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente el proyecto debe ser considerado.
  - B/C=1 Aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes.

- $B/C < 1$ , muestra que los costes son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

Además se realizó un análisis económico de la inversión con la siguiente metodología:

- Primeramente se determinaron los posibles ingresos por venta de las acelgas y tomates cherry.
- Luego se contabilizaron los costos de inversión (construcción de terrazas, sustrato, semillas, maquinaria, etc.)
- Una vez que los costos e ingresos se determinaron para el período de análisis (ya sean 5, 12 ó 20 años).
- El flujo de caja anual se calcula sumando el ingreso de caja de cada año y sustrayendo todos los costos de caja que han tenido lugar en ese mismo año; el resultado es el ingreso anual neto. Luego se sustrae el costo de financiamiento (capital e interés) de este resultado. Si el monto restante continúa siendo positivo, entonces el proyecto generará ingresos suficientes durante ese año para cubrir la totalidad de los costos de producción, así como los costos de crédito, y todavía dejará un monto de ganancia (el monto restante).
- Luego se calcularon los siguientes índices:

- El índice más sencillo es el Valor Actual Neto (VAN). Se aplica una tasa de descuento para reducir el valor tanto de los beneficios como de las pérdidas netas en años futuros. El VAN es una cifra que representa el valor del proyecto después de descontar los beneficios netos a futuro.

En cuanto a la definición de la tasa de descuento, en muchos casos se ha hecho habitual usar el 8%, pero cualquier cifra entre el 6 y 12% es aceptable. No obstante, las inversiones que presentan altos niveles de riesgo, requieren una tasa de retorno más alta y que si se

pueden identificar pocos usos adicionales para los fondos disponibles, puede ser aceptable disminuir la tasa.

- La Tasa Interna de Retorno (TIR) usa una metodología muy similar a la del VAN. La diferencia principal está en que, al usar el TIR, la pregunta que se hace es ¿qué tasa de descuento (o tasa de interés) apoyará esta inversión? Si el TIR es del 15%, esto significa que la inversión inicial rendirá una tasa de interés del 15% durante la vida del proyecto.

Calcular el TIR es un proceso iterativo, ya que primero se debe estimar el TIR, luego hacer el cálculo del VAN y ver si el VAN resultante es positivo o negativo. Entonces, el TIR estimado se ajusta (hacia arriba si el VAN es positivo, hacia abajo si es negativo) y se repite el cálculo hasta que el VAN alcance el valor 0, cuando esto sucede se acepta el valor de TIR estimado.

### **3.2.5. Método objetivo 5.**

Al finalizar el estudio se realizará el seminario de cierre para exponer los conocimientos obtenidos a través de la evaluación de los resultados. Dicho seminario comprende la distribución de material de difusión, compuesto por brochure técnico que ilustrará la metodología utilizada y las conclusiones de dicho estudio.

La realización de esta actividad final tomará lugar en las dependencias de la Universidad Católica del Norte, teniendo como audiencia a actores del sector público con competencias en agricultura, sector académico y agricultores de la Región.

### 3.3. ACTIVIDADES DEL PROYECTO

A continuación se presenta la programación planteada en la propuesta original y además la programación ejecutada.

CARTA GANTT PROGRAMACION PROPUESTA ORIGINAL														
N° OE <sup>1</sup>	N° RE <sup>2</sup>	ACTIVIDADES	Año 2016											
			TRIMESTRE											
			ENE - MAR			ABRIL- JUN			JUL – SEPT.		OCT – DIC			
1	1	Realizar pruebas de salinidad, humedad y capilaridad de los sustratos.												
1	2	Elección del sustrato.												
2	1	Implementación de terrazas de cultivo.												
2	2	Realizar manual de diseño.												
3	1	Realizar siembra.												
3	2	Evaluaciones de campo.												
3	3	Análisis foliar.												
3	4	Realizar registro número y peso de frutos.												
3	5	Rendimiento expresado en kg/m <sup>2</sup> por cada nivel de terraza												
3	6	Descripción de análisis proximal y de minerales de las hortalizas cosechadas.												
4	1	Realizar análisis factibilidad económica.												
5	1	Realizar Informe final.												
5	2	Realizar Seminario (2017)												

<sup>1</sup> OE = Objetivo específico  
<sup>2</sup> RE = Resultado esperado

CARTA GANTT PROGRAMACIÓN REAL

N° OE <sup>3</sup>	N° RE <sup>4</sup>	ACTIVIDADES	Año 2016													
			TRIMESTRE													
			ENE - MAR			ABRIL- JUN			JUL - SEPT.			OCT - DIC				
1	1	Realizar pruebas de salinidad, humedad y capilaridad de los sustratos.														
1	2	Elección del sustrato.														
2	1	Implementación de terrazas de cultivo.														
2	2	Realizar manual de diseño.														
3	1	Realizar siembra.														
3	2	Evaluaciones de campo.														
3	3	Análisis foliar.														
3	4	Realizar registro número y peso de frutos.														
3	5	Rendimiento expresado en kg/m <sup>2</sup> por cada nivel de terraza														
3	6	Descripción de análisis proximal y de minerales de las hortalizas cosechadas.														
4	1	Realizar análisis factibilidad económica.														
5	1	Realizar Informe final.														
5	2	Realizar Seminario <sup>5</sup>														

<sup>3</sup> OE = Objetivo específico.

<sup>4</sup> RE = Resultado esperado.

<sup>5</sup> Este seminario de realizará el 30 de Marzo de 2017

Las razones por las cuales existen las discrepancias entre las actividades programadas y las efectivamente realizadas son las siguientes:

- Debido a un retraso por parte de los procesos administrativos de la Universidad, el proyecto se inició tardíamente, lo que a su vez generó un retraso en la ejecución de las actividades del proyecto.
- Durante el mes de mayo y junio de 2016, se procedió a realizar un estado del arte, investigando en la literatura disponible sobre el fenómeno de capilaridad y los métodos que existen para la determinación de la capacidad de ascenso capilar de cada sustrato y de las características fisicoquímicas de estos.
- Además se realizaron los contactos correspondientes para gestionar la actualización de cotizaciones de materiales necesarios para cumplir con el objetivo específico n°1 y realizar el análisis de las propuestas de empresas constructoras para la implementación de las terrazas.
- El análisis foliar que estaba programado para el mes de Julio se realizó finalmente el mes de diciembre, ya que las muestras requeridas por el laboratorio para este el análisis correspondían a un mínimo de 50 hojas, lo cual en ese momento significaba cortar casi la totalidad de las plantas de tomate y acelga.
- Como las plantas fueron trasplantadas a las terrazas a fines del mes de Agosto, se procedió a cosechar el mes de Diciembre, lo cual retrasó la actividad de determinación del rendimiento , el pesado de frutos, el envío de muestras al laboratorio para el análisis proximal, fibra dietética (FDT) y de minerales. Debido a la mortandad de plantas de tomate del nivel 1 (40 cm de altura) y nivel 2 (80 cm de altura) no se contó con la cantidad suficiente de hojas de tomate para ser analizadas en el laboratorio.
- Finalmente la actividad de seminario de cierre programado para el mes de enero de 2017, fue postergado para el 30 de Marzo de 2017, por motivos de lograr una mayor convocatoria del evento.

### 3.4. RESULTADOS DEL PROYECTO.

#### 3.4.1. Determinación de la capacidad de ascenso capilar de los sustratos.

En las siguientes tablas se resumen los resultados del ensayo de ascenso capilar obtenidos el último día de la toma de datos, esto quiere decir, después de 16 días de poner en contacto el agua de mar con las columnas de sustrato. Además se incluyen tres gráficos demostrativos de los resultados generados durante toda la medición.

##### Datos importantes:

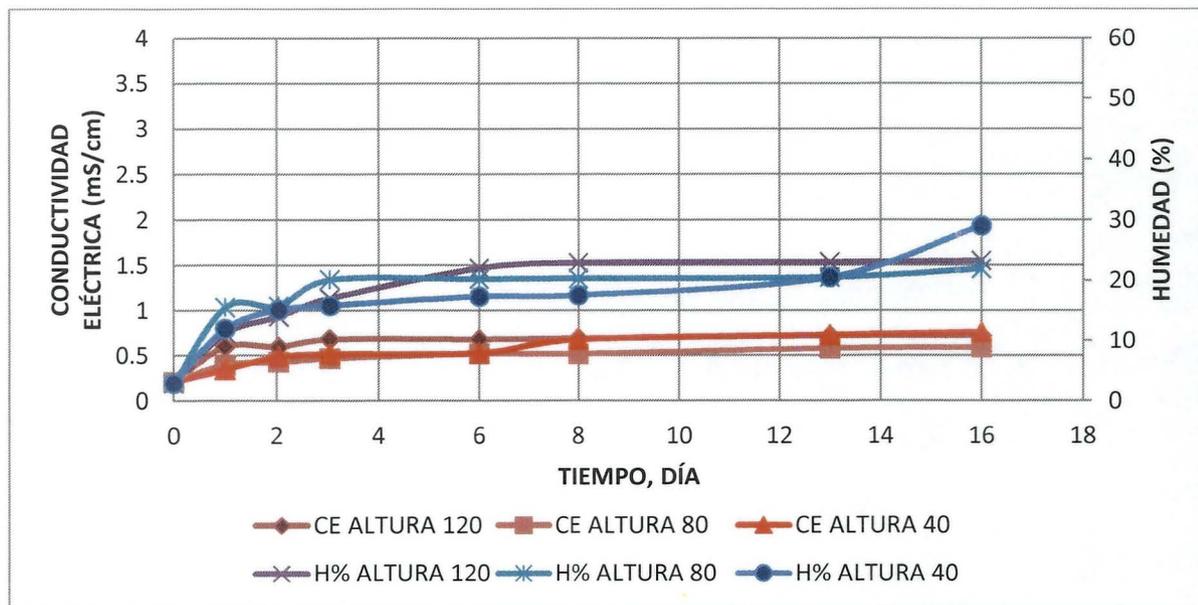
Conductividad eléctrica del agua de mar = 55 mS/cm

Conductividad eléctrica inicial de cada sustrato:

- CE Compost = 0,21 mS/cm
- CE Humus = 0,3 mS/cm
- CE Arena = 0,07 mS/cm

**Tabla 2** Ensayo de ascenso capilar del Compost

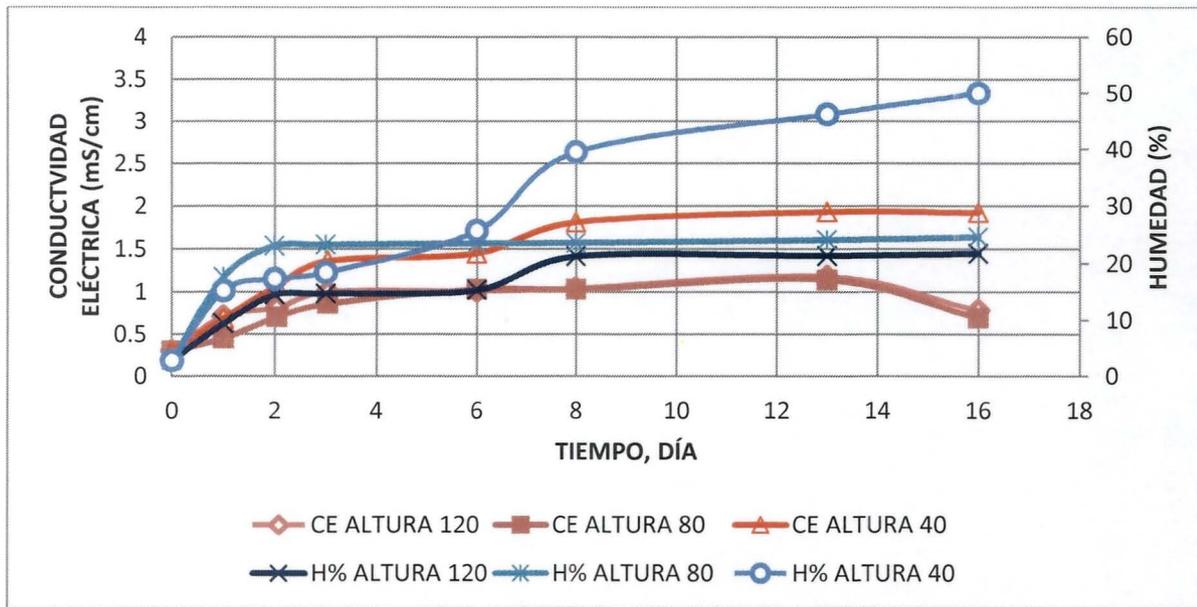
Altura (cm)	Humedad (%)	Conductividad (mS/cm)	Temperatura (°C)
40	29	0,76	18,9
80	21,9	0,59	20,9
120	23,2	0,72	21



**Gráfico 1** Perfiles de humedad y de salinidad del Compost. ( $CE_{\text{Agua de mar}} = 55$  mS/cm).

**Tabla 3** Ensayo de ascenso capilar del Humus

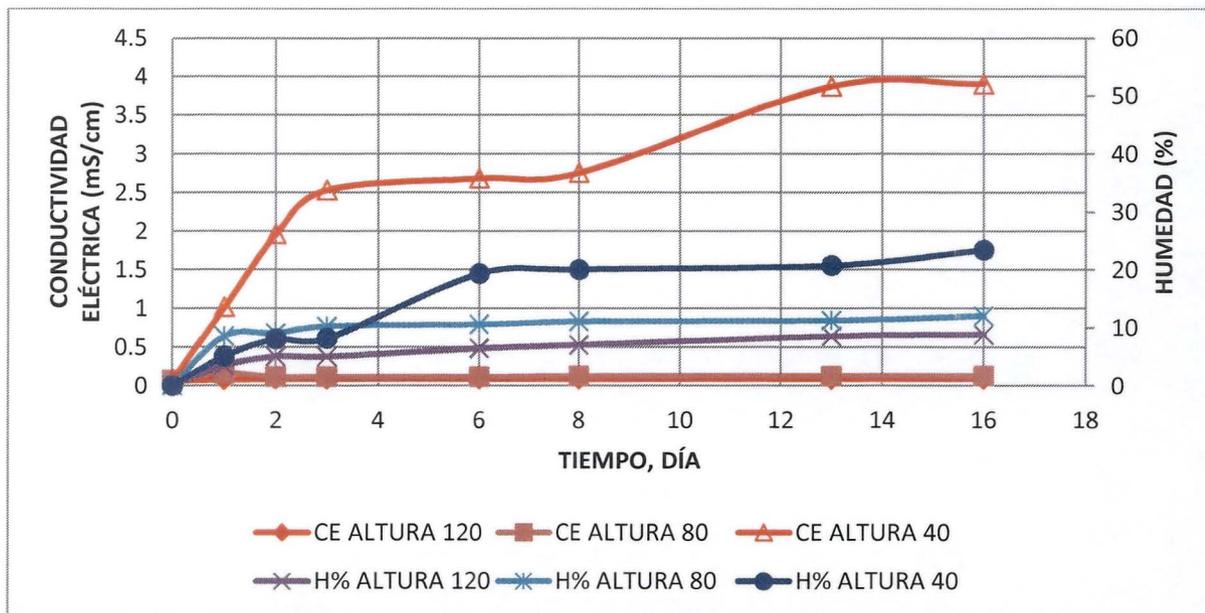
Altura (cm)	Humedad (%)	Conductividad (mS/cm)	Temperatura (°C)
40	50	1,92	18,9
80	24,5	0,69	20,4
120	21,7	0,78	20,6



**Gráfico 2** Perfiles de humedad y salinidad del Humus ( $CE_{\text{agua de mar}} = 55$  mS/cm).

**Tabla 4** Ensayo de ascenso capilar de la Arena

Altura (cm)	Humedad (%)	Conductividad (mS/cm)	Temperatura (°C)
40	23,4	3,9	21,2
80	12	0,12	19,6
120	8,8	0,08	23



**Gráfico 3** Perfiles de humedad y de salinidad de la Arena. (CEAgua de mar= 55 mS/cm).

De las tablas anteriores se concluye que el Humus es el sustrato con una mayor capacidad de ascenso capilar por la alta humedad que presenta, pero al mismo tiempo no retiene las sales tanto como el Compost. La arena evidentemente tiene una capacidad de ascenso capilar reducida, actuando como una especie de “esponja” hasta los 40 cm de altura y teniendo una disminución drástica de la humedad en las siguientes alturas.

### 3.4.2. Determinación de las características fisicoquímicas del sustrato.

A continuación se midieron características fisicoquímicas de cada sustrato para corroborar cuál de los 3 sustratos se elegirá en mayor proporción.

**Tabla 5** Resultados de la caracterización fisicoquímica de los sustratos.

Propiedad	Metodología	Unidad	COMPOST	HUMUS	ARENA
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Método de acetato de amonio 0,5 N	meq/100 gr	41,60	36,20	4,29
Densidad aparente (DA)	Método de los cilindros	gr/cm <sup>3</sup>	0,40	0,50	1,64
Humedad (H%)	Método gravimétrico	%	65,98	70,14	39,31
pH	Método potenciométrico		7,40	8	8,50
Conductividad eléctrica (CE)	Método conductimétrico	mS/cm	0,21	0,30	0,07

De la tabla 5 se desprende que el compost es el sustrato con mayor Capacidad de intercambio catiónico (CIC), el cual es un indicador directo de la fertilidad del suelo, ya que controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas: K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>, entre otros.

La CIC también influye en los procesos de degradación química del suelo, porque determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

Por lo tanto, es importante que el Compost sea uno de los sustratos en mayor proporción en las terrazas, ya que podría retener mejor las sales por su alta

Capacidad de intercambio catiónico, y así controlar el exceso de  $\text{Na}^+$  que se incorporará a las terrazas a través del agua de mar.

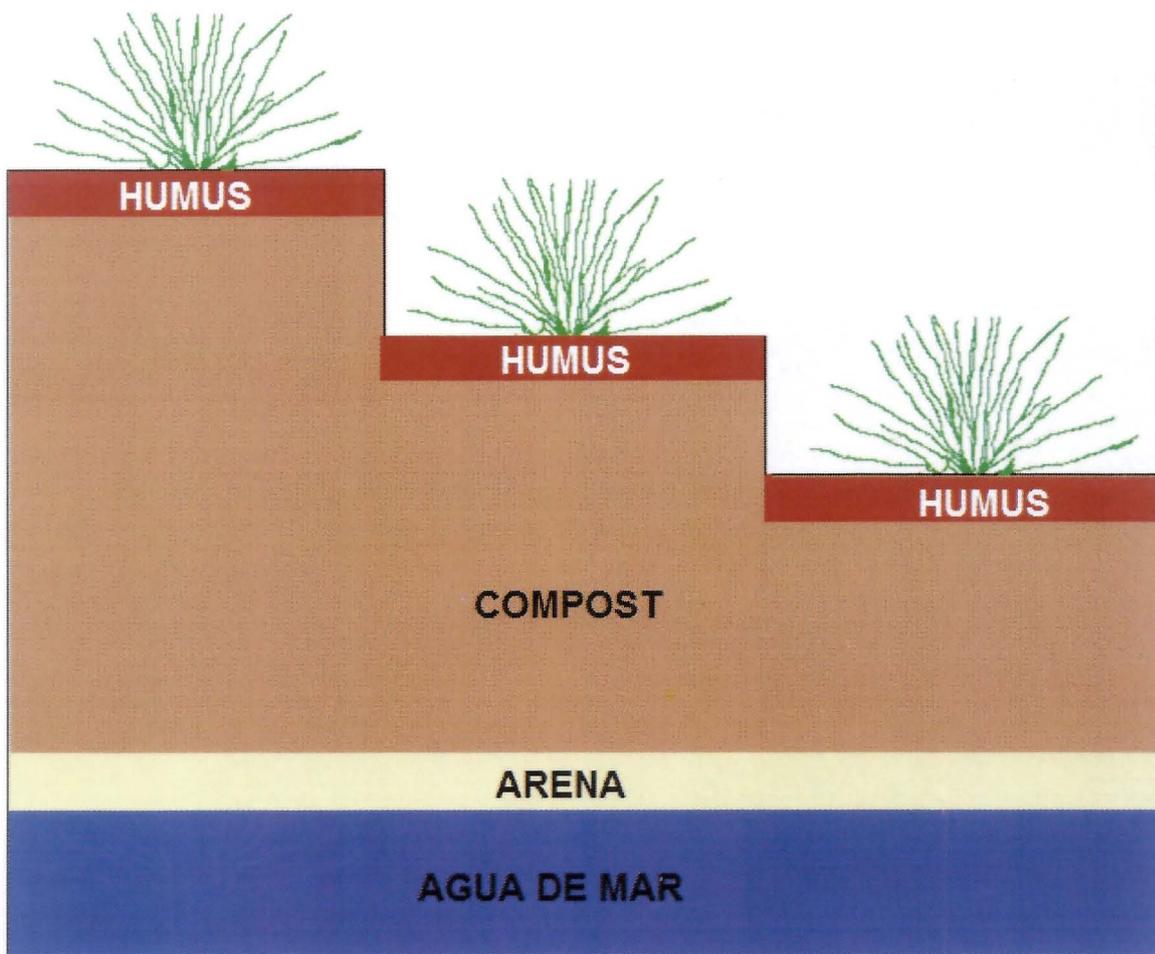
La densidad aparente que se encuentra relacionada al tamaño de poro, comprueba que el compost es el que tiene un menor tamaño de poro, lo cual es una ventaja para el ascenso capilar del agua.

Los niveles de pH y de CE de los tres sustratos son normales y aptos para el crecimiento de las plantas.

### **3.4.3. Construcción de las terrazas y establecimiento de las hortalizas.**

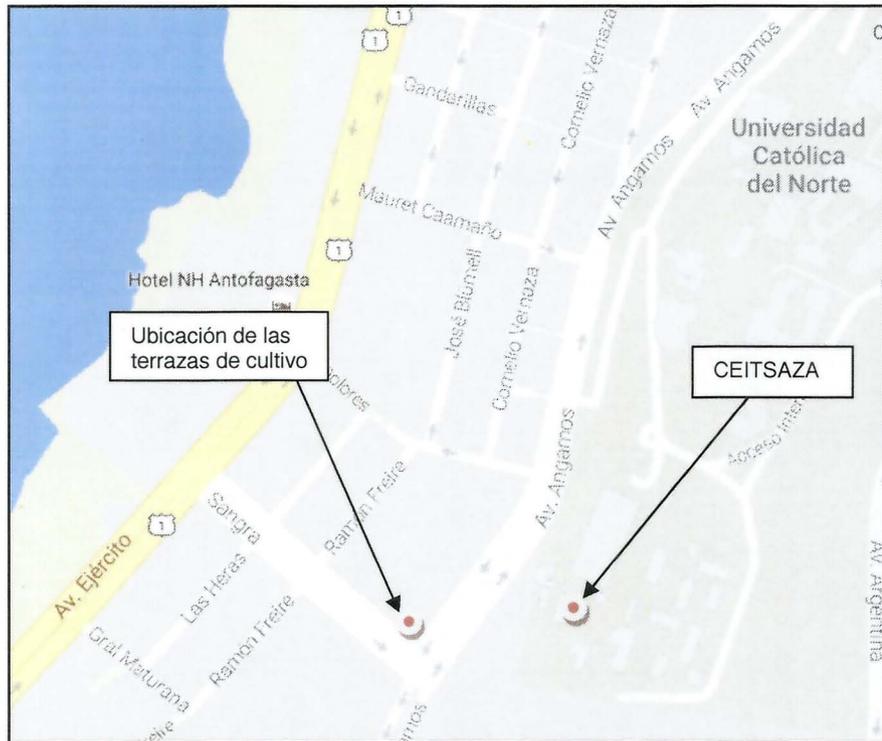
A partir de la información obtenida anteriormente por los ensayos de capilaridad y la caracterización fisicoquímica. Se decidió proporcionar el sustrato en forma de capas en cada terraza en el siguiente orden desde la parte inferior hasta la parte superior:

- Arena fina: Aproximadamente 5 cm de capa de arena en contacto con el nivel freático.
- Compost: al ser el sustrato que cumple con la mayoría de las características importantes para este sistema de riego, se eligió como el sustrato con mayor cantidad en las terrazas.
- Humus: El humus será incorporado en la superficie de cada nivel de las terrazas, con una capa de aproximadamente 5 cm de altura como muestra la siguiente figura:



**Figura 11** Distribución del sustrato en las terrazas de cultivo.

La construcción se llevó a cabo según los planos en un terreno de la Universidad Católica del Norte, Calle Sangra, entre Ramón Freire y Avenida Angamos, el cual queda ubicado frente al Centro de Investigación Tecnológica del Agua en el Desierto, CEITSAZA, de la Universidad Católica del Norte, Región de Antofagasta. (El manual de la construcción de las terrazas se encuentra en el ANEXO 2 y el establecimiento de las hortalizas en el ANEXO 3)



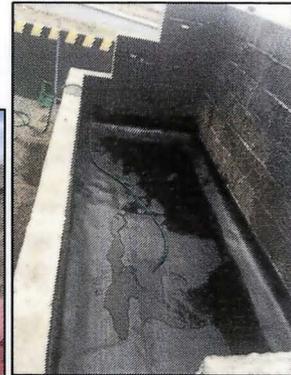
**Figura 12** Mapa de ubicación de las terrazas de cultivo

A continuación se muestra de manera resumida el paso a paso de la construcción de las terrazas:

PASO N°1: Emparejamiento del terreno y construcción de las bases de las terrazas (3 m x 1,2 m)



PASO N°2: Levantamiento de la estructura e impermeabilización con una membrana asfáltica para crear el nivel freático.



PASO N°3: Relleno con piedras de aprox. 10 cm de diámetro, donde se encontrará el agua de mar. Para separar el agua de mar y el sustrato, se utilizó una capa de malla anti-hierba y otra de malla rashel, con la finalidad de que el sustrato no sature al espacio del movimiento del agua de mar.

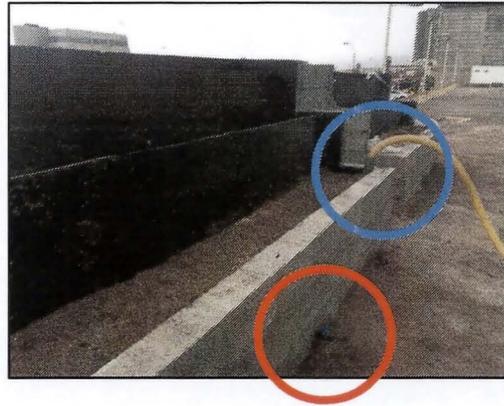


PASO N°4: Relleno con el sustrato: Arena, Compost y Humus.





PASO N°5: En la fotografía se muestra cómo será rellenado con agua de mar el nivel freático a través de un tubo de PVC (círculo azul) y en caso de realizarse un lavado del sustrato por dónde saldrá el agua (círculo rojo).



PASO N°6: Para finalizar con la instalación de malla rashel, para brindar protección contra el viento y radiación solar.



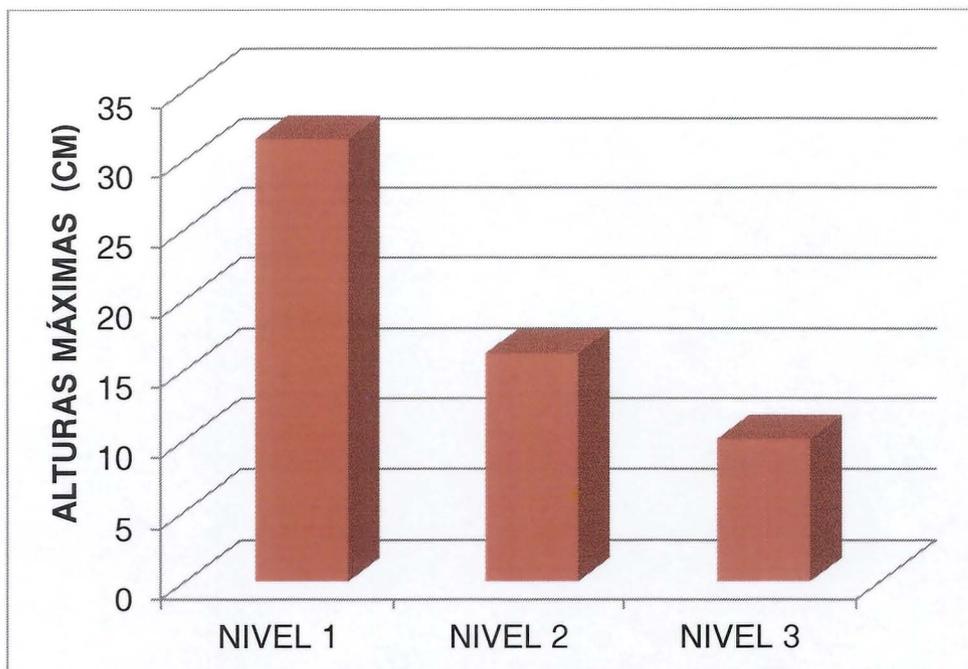
PASO N°7: Establecimiento de las hortalizas según el marco de plantación.



### 3.4.4. Registros de campo: Evaluación de las fases fenológicas.

#### Crecimiento de las plantas de acelga:

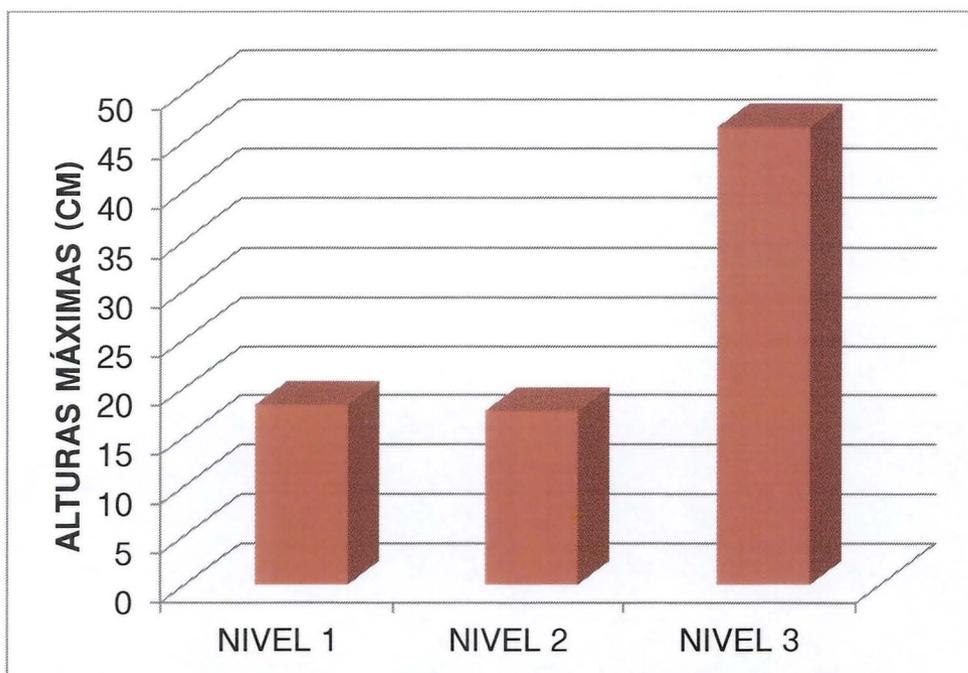
En el gráfico 4 se observa la diferencia de alturas de las plantas que existe en cada nivel, siendo el nivel 1 (40 cm altura), el nivel con mayor crecimiento de plantas. Se concluye, que las plantas de acelga toleran altamente la salinidad del sustrato pero no toleran de igual manera el estrés hídrico que existe en los niveles superiores (Nivel 2 y 3 de 80 cm y 110 cm respectivamente).



**Gráfico 4** Alturas máximas alcanzadas por las plantas de Acelga en cada nivel.

### Crecimiento de las plantas de tomate:

En la terraza de cultivo de tomates, se obtuvieron resultados positivos solo en el nivel 3 (110 cm altura), y en los otros niveles no se obtuvieron resultados debido a la presencia de una plaga de larvas que provocó la mortandad de las plantas. Debido a lo anterior, las plantas del nivel 1 (40 cm altura) y del nivel 2 (80 cm altura) fueron cambiadas por otras a medida que se marchitaban, por lo tanto no se obtuvieron resultados concluyentes, debido al corto tiempo entre el trasplante y la finalización del proyecto. A continuación se muestra un gráfico de comparación de promedio de alturas máximas alcanzadas por las plantas en cada nivel:



**Gráfico 5** Alturas máximas alcanzadas por las plantas de tomate cherry en cada nivel.

Se observa en el gráfico 5 un mayor crecimiento de las plantas en el nivel 3 (110 cm altura), con lo que se concluye que las plantas de tomate cherry son mucho más sensibles a la salinidad y en cambio toleran de mejor manera el estrés

hídrico. Los detalles de las fases fenológicas de los cultivos se encuentran en el Anexo 4.

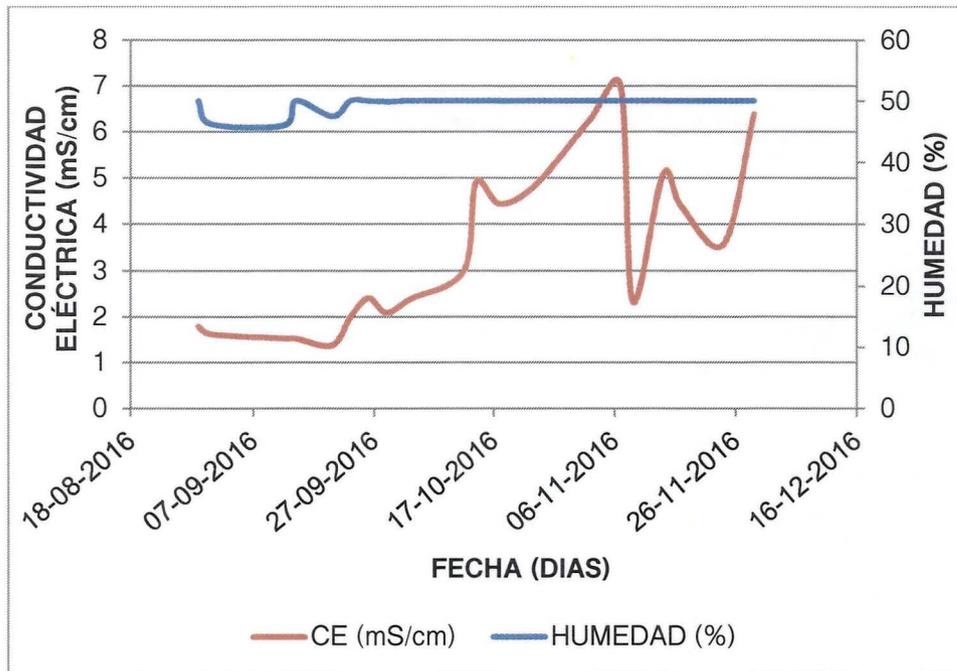
### **3.4.5. Registros de campo: Evaluación de parámetros del sustrato.**

#### Variación de parámetros en la terraza de acelgas:

En los siguientes gráficos se observa cómo la humedad (%) y la conductividad eléctrica (mS/cm) del sustrato varían en función del tiempo en cada nivel.

En el gráfico 6 la humedad (línea azul) del sustrato se mantiene casi constante entre 45 y 50 % y una conductividad eléctrica (CE) del sustrato entre 1 y 6 mS/cm.

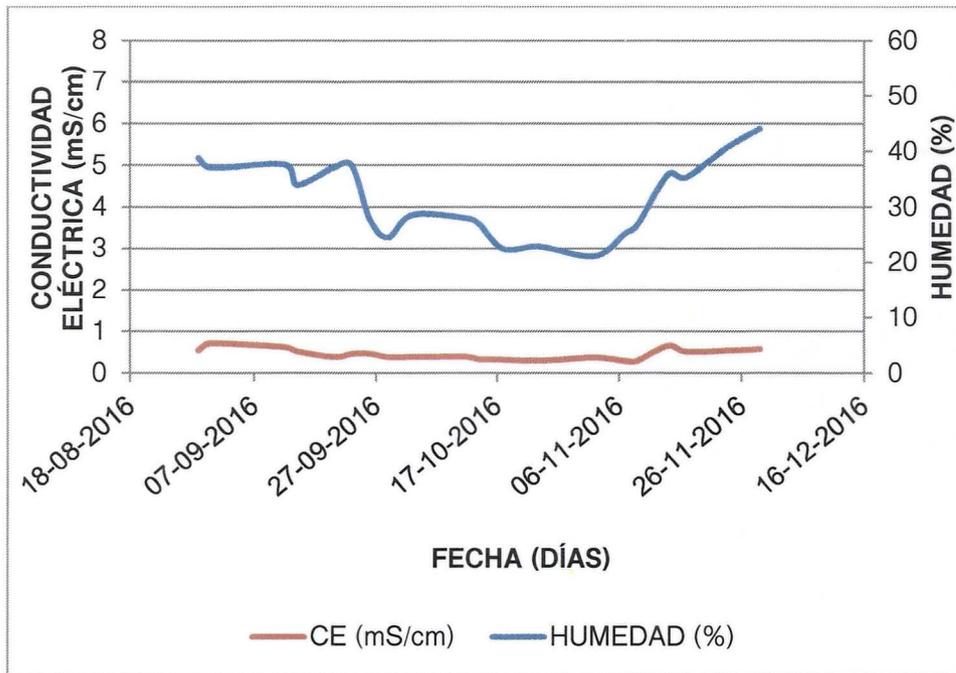
El día 08-11-2016 se realizó un lavado de sustrato con 70 lt de agua dulce, ya que la CE sobrepasaba los niveles óptimos. Logrando descender la CE de 6 mS/cm a 2 mS/cm aproximadamente.



**Gráfico 6** Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 1 Terraza de Acelgas)

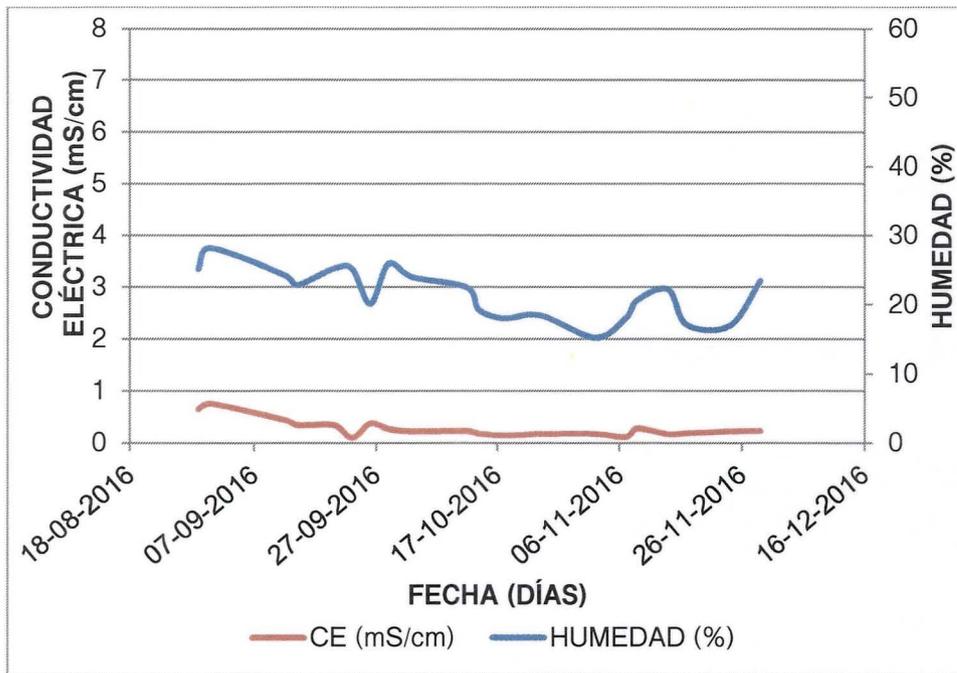
En el gráfico 7 la humedad (línea azul) del sustrato varía entre 21 y 44% y la conductividad eléctrica se mantiene por debajo de 0,8 mS/cm.

Desde el día 14-11-2016, debido al lavado realizado en el nivel 1 se presume que el agua dulce ascendió hacia el nivel 2 por capilaridad, por lo que aumentó la humedad.



**Gráfico 7** Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 2 Terraza de Acelgas).

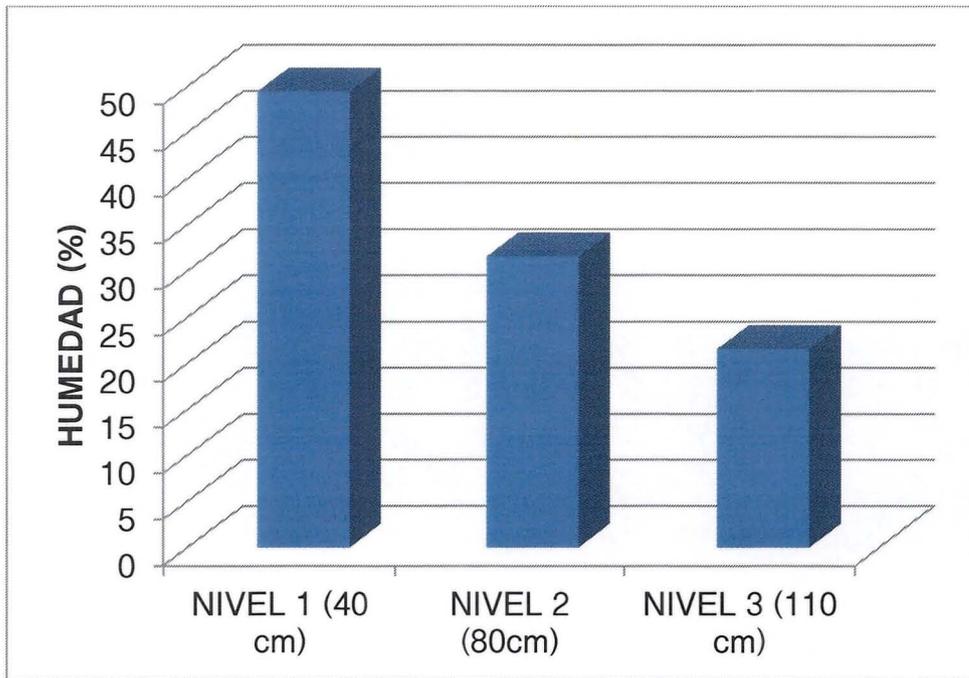
En el gráfico 8 el Nivel 3 (110 cm altura) al estar más alejado del nivel freático mantiene una humedad menor a los otros niveles, manteniéndose entre 15 y 28% lo cual es una humedad relativamente baja por lo que en este nivel las plantas no resistieron el estrés hídrico.



**Gráfico 8** Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 3 Terraza de Acelgas).

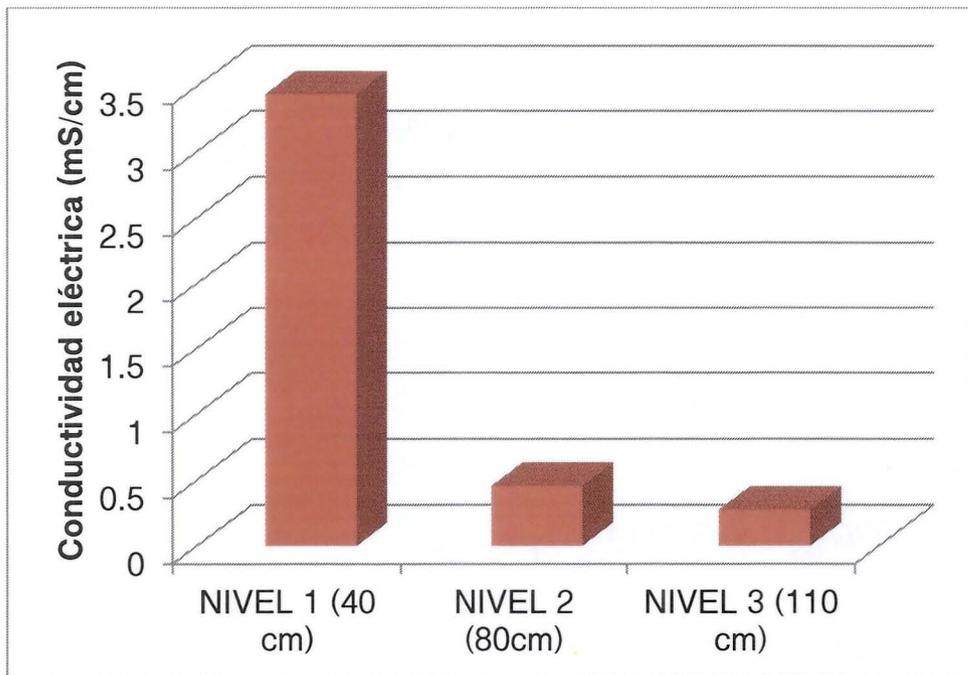
A continuación se hace una comparación de los promedios de humedad y conductividad eléctrica alcanzados en cada nivel en la terraza de acelgas:

El gráfico 9 compara la humedad entre los tres niveles. La humedad varía en cada nivel dependiendo de su altura, mientras mayor es la altura menor es la humedad, ya que el agua de mar se encuentra en la parte inferior de la terraza.



**Gráfico 9** Humedad en cada nivel de la terraza de acelgas

El gráfico 10 compara la conductividad eléctrica (CE) entre los tres niveles. La CE aumenta en el nivel 1 (40 cm altura), ya que es el nivel que se encuentra en mayor contacto con el agua de mar. Pero a pesar de tener una alta CE en el nivel 1 fue donde se obtuvo un mayor crecimiento de las plantas de acelga.



**Gráfico 10** Conductividad eléctrica en cada nivel de la terraza de acelgas.

Además de la humedad y conductividad eléctrica del sustrato se midió la temperatura y el pH del sustrato que se presentan de manera resumida en la siguiente tabla:

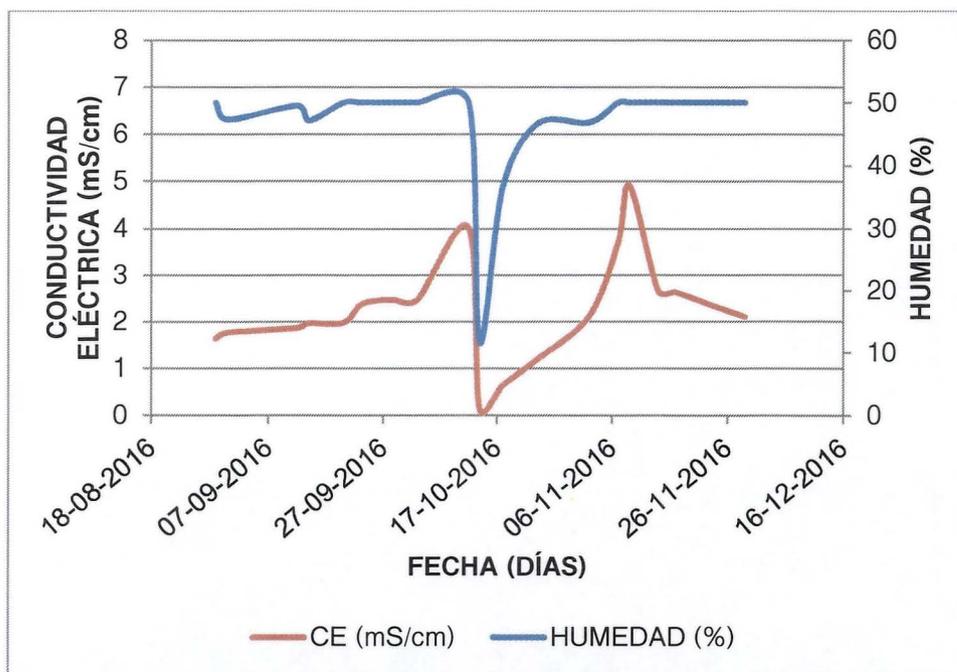
**Tabla 6** Monitoreo de temperatura y pH del sustrato en la terraza de acelgas.

TERRAZA DE CULTIVO DE ACELGAS			
TEMPERATURA (°C)	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
Valor mínimo	21,43	23,68	20,7
Valor máximo	30,13	31	27,44
Promedio	24,84	25,54	23,71
pH (Promedio)	7,8	7,71	7,76

### Variación de parámetros en la terraza de tomates cherry:

En el gráfico 11 se observa lo siguiente

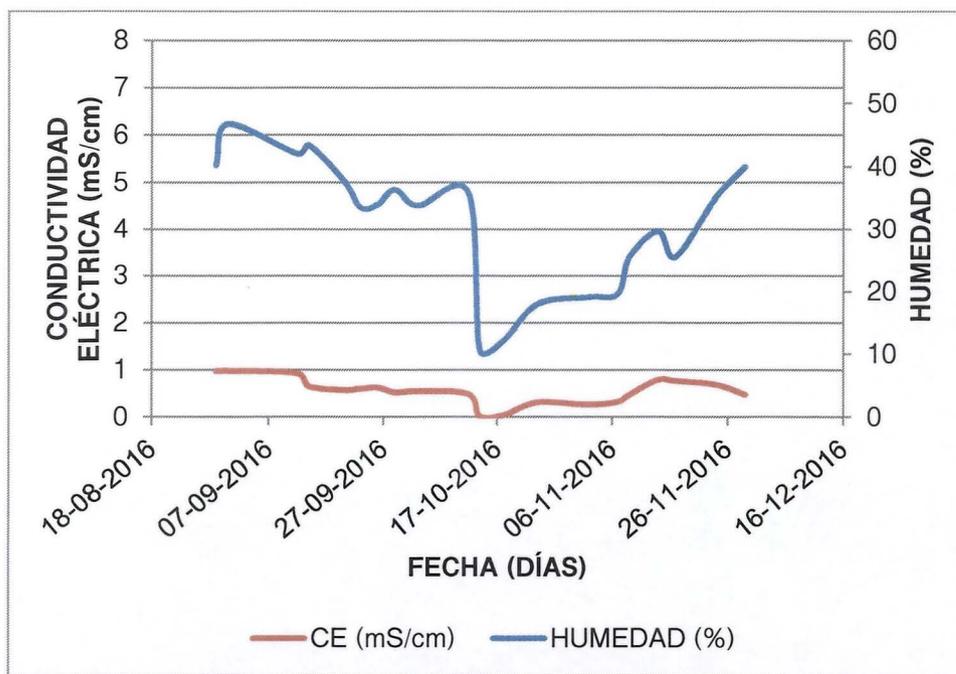
- Desde el día 29-08-2016 hasta el 12-10-2016 la humedad se mantiene entre 47,15 y 50%.
- El día 14-10-2016, debido a la compactación del sustrato se procedió a rellenar el Nivel 1, lo cual significó una disminución de la humedad que rápidamente ascendió y además la CE disminuye de 4,03 a 0,14 mS/cm.
- En general la CE, se mantiene entre 0,14 y 4,91 mS/cm.
- El día 09-11-2016 cuando la CE alcanza un 4,91 mS/cm se procede a realizar un lavado del sustrato con 20 lt de agua dulce, y como consecuencia, se logra una disminución de esta a 2,68 mS/cm.



**Gráfico 11** Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 1 Terraza de Tomates cherry).

En el gráfico 12 se observa lo siguiente:

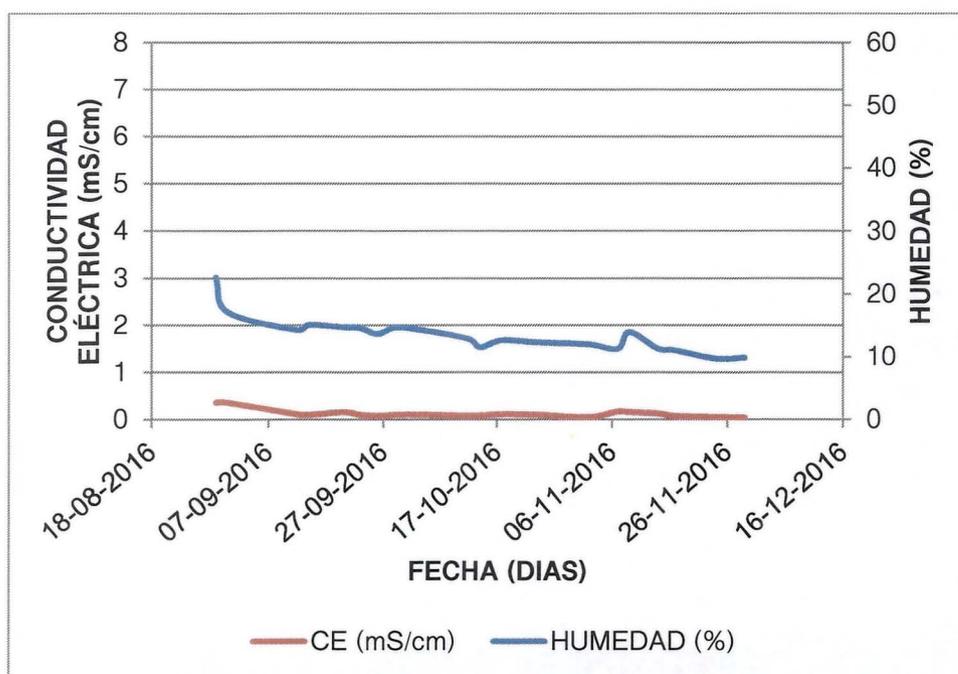
- Desde el día 29-08-2016 hasta el 12-10-2016 la humedad (H%) se mantiene entre 33,4 y 46,7 mS/cm.
- El día 14-10-2016 debido a la compactación del sustrato se procedió a rellenar el Nivel 2, por lo que disminuyó la H%, la cual paulatinamente ascendió hasta 40%.
- En cuanto a la CE, esta se mantiene entre 0,016 y 1,12 Ms/cm.
- Al incorporar el sustrato el día 14-10-2016 la CE disminuye de 0,49 a 0,016 mS/cm, y luego se mantiene por debajo de 0,5 mS/cm.
- Debido a que la CE no sobrepasó el nivel óptimo no se realizó el lavado de sustrato.



**Gráfico 12** Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 2 Terraza de Tomates cherry).

En el gráfico 13 se observa lo siguiente:

- Durante toda la evaluación de parámetros la H% se mantuvo entre 9,71 y 22,72%, mostrando siempre un descenso paulatino.
- En cuanto a la CE se mantiene casi constante variando entre 0,043 y 0,36 mS/cm, lo cual indica que las sales no ascienden hasta este nivel.
- A pesar de las condiciones de estrés hídrico de todas maneras es el nivel que obtuvo un mayor crecimiento y una menor mortandad de plantas.

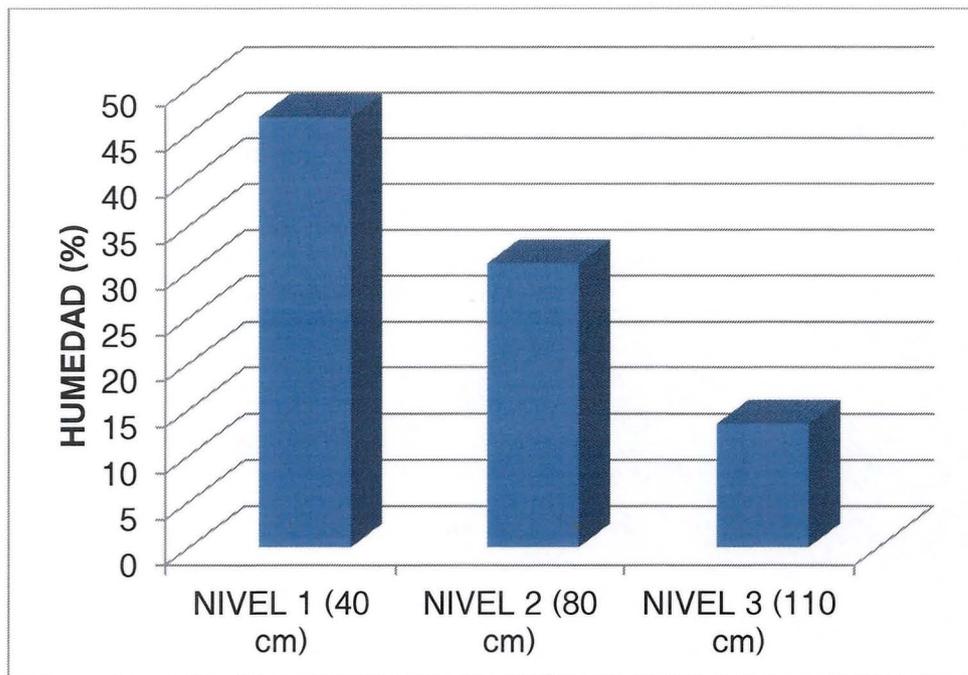


**Gráfico 13** Variación de parámetros del sustrato en el tiempo (Nivel 3 Terraza de Tomates Cherry).

A continuación se realiza una comparación de los promedios de humedad y conductividad eléctrica alcanzados en cada nivel en la terraza de tomates Cherry:

En el gráfico 14, la humedad varía en cada nivel dependiendo de su altura, mientras mayor es la altura menor es la humedad, ya que el agua de mar se

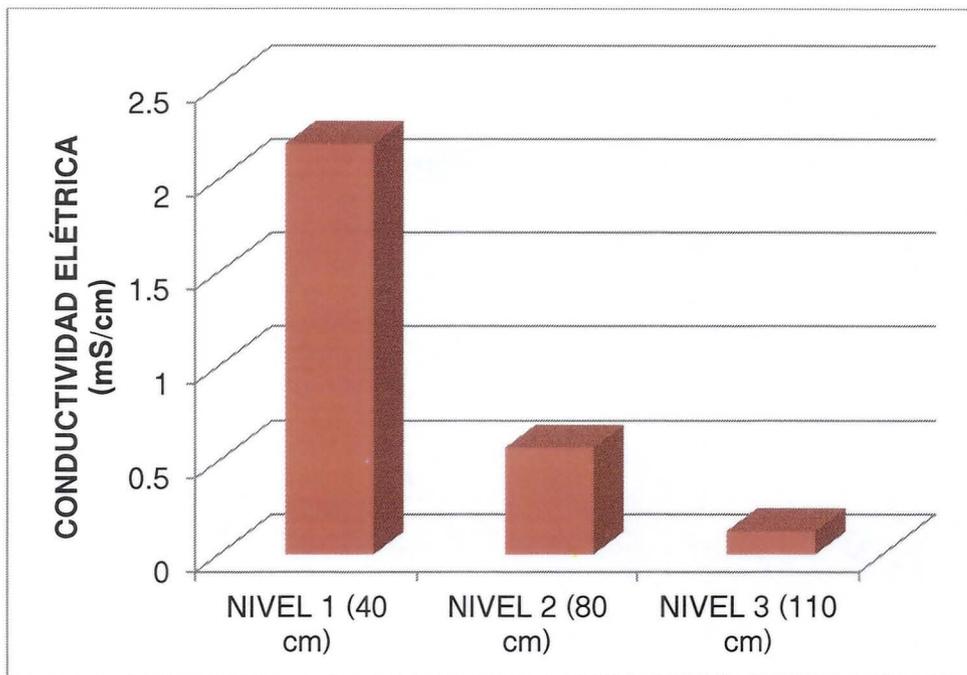
encuentra en la parte inferior de la terraza. A pesar del estrés hídrico del nivel 3, en este nivel se obtuvo un mejor resultado de crecimiento de las plantas de tomate.



**Gráfico 14** Humedad en cada nivel de la terraza de tomates cherry.

Los detalles del monitoreo de parámetros del sustrato se encuentran en el Anexo 5.

En el gráfico 15, la conductividad eléctrica aumenta en el nivel 1 (40 cm altura) ya que es el nivel que se encuentra en mayor contacto con el agua de mar.



**Gráfico 15** Conductividad eléctrica en cada nivel de la terraza de tomates cherry.

Además de la humedad y conductividad eléctrica del sustrato se midió la temperatura y el pH del sustrato que se presentan de manera resumida en la siguiente tabla:

**Tabla 7** Monitoreo de la temperatura y pH del sustrato en la terraza de tomates cherry.

TERRAZA DE CULTIVO DE TOMATES CHERRY			
TEMPERATURA (°C)	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
Valor mínimo	20,63	22,55	20,26
Valor máximo	27,95	31,81	31,01
Promedio	24,58	26,31	24,75
pH (Promedio)	7,83	8,08	7,69

### **3.4.6. Descripción del estado nutricional de la planta.**

Según en INIA el análisis foliar es un análisis químico total o parcial de alguna parte de la planta, generalmente hojas, con fines de efectuar un diagnóstico nutricional. Esta técnica permite:

- Conocer el estado nutricional de las plantas, inclusive antes que aparezcan los síntomas visuales de deficiencia o exceso.
- Diagnosticar y/o confirmar un síntoma visual ya presente. Esto es importante ya que en muchos casos los síntomas visuales de deficiencia pueden confundirse con otro tipo de problemas que producen un cuadro semejante. Tal es el caso de aplicaciones de pesticidas, daños por herbicidas, enfermedades y problemas de otro tipo tales como drenaje, salinidad, malas prácticas de riego, etc.
- Orientar el programa de fertilización en uso, aplicando solo aquellos fertilizantes que contienen los elementos en déficit y dejando de aplicar los innecesarios.

#### ANÁLISIS FOLIAR: CULTIVO DE ACELGAS.

Para este análisis se necesitaron como mínimo 50 hojas jóvenes de acelga en época de madurez, estas muestras fueron enviadas al laboratorio de análisis agrícola "Laboquim Terra" de Quillota, obteniendo los siguientes resultados: (El informe del análisis foliar se encuentra en el ANEXO 6.)

**Tabla 8** Resultados del análisis foliar del cultivo de Acelgas regados capilarmente con agua de mar.

ANÁLISIS FOLIAR	Unidad	100 gr	Composición química normal (según Plan operativo)		Interpretación
			Desde	Hasta	
<b>Nitrógeno</b>	%	4,95	3,5	6	Normal
<b>Fósforo</b>	%	0,38	0,4	1	Bajo
<b>Potasio</b>	%	5,21	3,5	8	Normal
<b>Calcio</b>	%	0,51	1,25	2,5	Bajo
<b>Magnesio</b>	%	0,78	0,3	1	Normal
<b>Cobre</b>	ppm	17,2	6	20	Normal
<b>Zinc</b>	ppm	49,2	30	50	Normal
<b>Manganeso</b>	ppm	49,4	25	40	Alto
<b>Hierro</b>	ppm	106	60	200	Normal
<b>Boro</b>	ppm	35,2	25	50	Normal
<b>Sodio*</b>	%	4,168	0,01	0,2	Alto

\*El sodio es uno de los parámetros que sobresalen y se encuentra en altas concentraciones en comparación con un cultivo regado en condiciones normales. Sin embargo es un resultado esperable debido a la gran cantidad de sodio que contiene el agua de mar (Análisis de agua de mar en Anexo1), esta cantidad de sodio se hace notar además a través de las hojas de las acelgas:



**Figura 13** Daños en hojas de acelga por sodio.

Además el sodio provoca un descenso del potencial hídrico en el suelo e induce al estrés hídrico en las plantas, lo cual a su vez afecta el crecimiento vegetal. En la siguiente imagen se ve la diferencia de crecimiento de una acelga regada por capilaridad con agua de mar y una acelga regada por capilaridad con agua dulce, se puede observar la diferencia de tamaño de hojas y tallos, sin embargo la altura de la planta es relativamente la misma.



**Figura 14** Planta de acelga regada por capilaridad con agua dulce.



**Figura 15** Planta de acelga regada por capilaridad con agua de mar.

#### Análisis foliar: cultivo de tomates cherry:

Debido a la gran mortandad de plantas en los niveles 1 y 2, no fue posible realizar dicho análisis, ya que la cantidad de hojas requeridas por el laboratorio sobrepasaban la cantidad disponible.

### 3.4.7. Rendimiento de los cultivos.

Registro del número de frutos y peso durante la cosecha: Según la tabla 9 en el nivel 3 (altura 110 cm) ocho plantas se mantuvieron en un constante crecimiento de un total de 12 plantas establecidas desde el inicio de la evaluación de campo. En general cada planta tuvo un promedio de 10 frutos de 3,4 a 5 gr de peso cada fruto.

**Tabla 9** Registro de frutos de plantas de tomate cherry en el Nivel 3

N° Planta	N° total de frutos por planta	Peso de fruto (gr)	Resultados esperados	
			N° total frutos por planta	Peso fruto (gr)
1	9	3,4 a 5	≥15	10 a 15
2	11	3,4 a 5	≥15	10 a 15
3	-	-	≥15	10 a 15
4	17	3,4 a 5	≥15	10 a 15
5	7	3,4 a 5	≥15	10 a 15
6	14	3,4 a 5	≥15	10 a 15
7	-	-	≥15	10 a 15
8	-	-	≥15	10 a 15
9	7	3,4 a 5	≥15	10 a 15
10	-	-	≥15	10 a 15
11	3	3,4 a 5	≥15	10 a 15
12	13	3,4 a 5	≥15	10 a 15

En cuanto a los Niveles 1 y 2 no se obtuvieron resultados debido al recambio de las plantas, las cuales a la hora de la cosecha aun no presentaban frutos.

En la siguiente tabla se observa el rendimiento total del Nivel 3 (altura 110 cm) obtenido en la terraza de cultivo de tomates Cherry, en el nivel 1 y 2 (altura 40 y 80 cm respectivamente) no fue posible determinar el rendimiento por la mortandad de todas las plantas y las plantas de recambio no presentan frutos aun.

**Tabla 10** Rendimiento del cultivo de tomates cherry en el nivel 3 (altura 110 cm),

Rendimiento obtenido en el Nivel 3	Resultados esperados (según plan operativo)
0,283 kg/m <sup>2</sup>	2 – 4 kg/m <sup>2</sup>

En el nivel 3 las plantas alcanzan a tener entre 3 y 17 frutos por planta, y el peso de cada frutos esta entre los 3,4 y 5 gr por fruto, lo cual se encuentra por debajo de los resultados esperados según el plan operativo.

Rendimiento expresado en kg/m<sup>2</sup> por cada nivel de terraza de cultivos de acelga:

Cada nivel mide 1,2 m<sup>2</sup>, por lo que cada uno de los pesos (kg) fue dividido por 1,2 (m<sup>2</sup>) y se sumaron los rendimientos de cada planta para obtener finalmente el rendimiento total de cada nivel en kg/m<sup>2</sup>.

En las siguientes tablas se observan los rendimientos totales de los niveles 1 (altura 40 cm) y 2 (altura 80 cm), en el nivel 3 (altura 110 cm) no fue posible determinar el rendimiento por la mortandad de todas las plantas en la etapa de cosecha debido al estrés hídrico en la que estaban sometidas las plantas.

**Tabla 11** Rendimiento de las acelgas en el Nivel 1 (altura 40 cm).

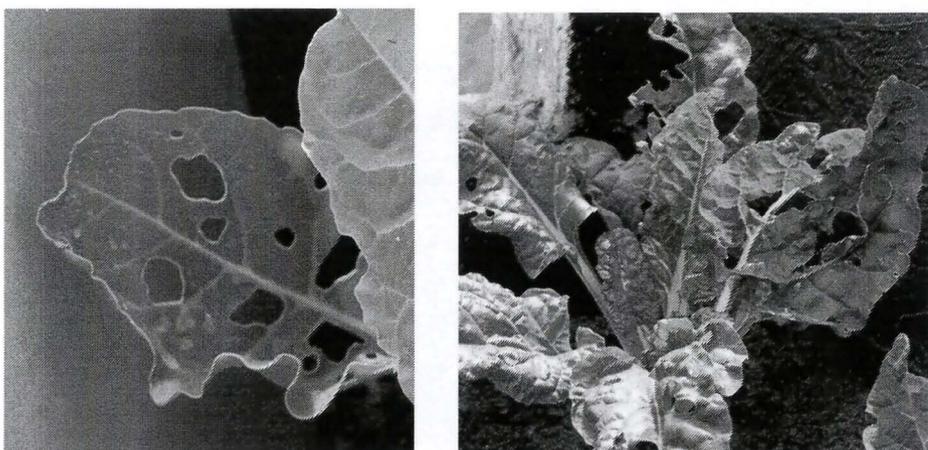
Nivel 1 (altura 40 cm): Rendimiento obtenido	Rendimiento esperado (según plan operativo)	
Rendimiento total (kg/m <sup>2</sup> )	1,3309	4 – 6
Promedio kg/planta	0,1597	0,75 – 1

**Tabla 12** Rendimiento de las acelgas en el Nivel 2 (altura 80 cm)

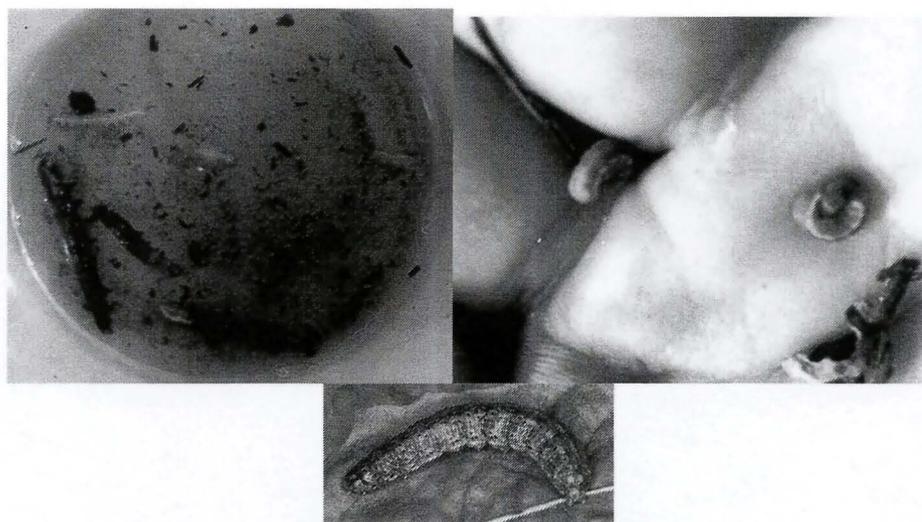
Nivel 2 (altura 80 cm): Rendimiento obtenido	Rendimiento esperado (según plan operativo)	
Rendimiento total (kg/m <sup>2</sup> )	0,2357	4 – 6
Promedio kg/planta	0,0314	0,75 – 1

Los pesos de las plantas de acelga se vieron afectados por una plaga de larvas (Figura N°17), la cual disminuyó considerablemente el volumen de las hojas más grandes como se muestra en la figura N°16, resultando en un rendimiento mucho más bajo de lo esperado. Se recomienda para futuros proyectos relacionado con el cultivo de hortalizas, la implementación de un invernadero anticipando un control de las plagas y un mejor manejo de condiciones, ya que a pesar de la utilización de insecticidas la plaga ya se encontraba establecida en el lugar (figura 18: insecticida utilizado).

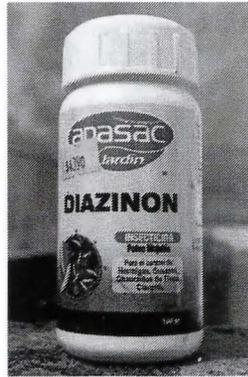
Para más detalles de los rendimientos del cultivo de acelgas revisar el Anexo 7.



**Figura 16** Hojas de acelga consumidas por larvas.



**Figura 17** Larvas encontradas en hojas de acelga y en plantas de tomate cherry. (Polilla del tomate o Tuta absoluta y Gusano gris o *Agrotis segetum*).



**Figura 18** Insecticida utilizado para el control de larvas.

### **3.4.8. Descripción del análisis proximal y de minerales de las hortalizas cosechadas.**

El análisis de alimentos es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de los alimentos y de sus componentes. Esta información es crítica para el entendimiento de los factores que determinan las propiedades de los alimentos, así como la habilidad para producir los alimentos que sean consistentemente seguros, nutritivos y deseables para el consumidor.

Es importante señalar que este análisis nos llevará a determinar las calidades de los productos alimenticios, en este caso de las acelgas y tomates Cherry regadas por capilaridad con agua de mar.

Los minerales y elementos traza son esenciales para una amplia gama de funciones metabólicas en el cuerpo humano. Las deficiencias de minerales y elementos traza pueden producir severos daños en la salud. Los alimentos juegan

un rol clave al suministrar estos nutrientes para su consumo por los seres humanos. Los datos sobre el contenido de minerales y elementos traza de los alimentos son críticos para las personas involucradas en investigación epidemiológica y patrones de enfermedades, evaluación de la salud y estado nutricional de individuos y poblaciones y el comercio nacional e internacional de los alimentos.

Para estos análisis se muestrearon 400 gr de acelgas, que fueron enviados al laboratorio del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile, donde se obtuvieron los siguientes resultados: (el informe del análisis proximal y minerales se encuentra en el ANEXO 8).

**Tabla 13** Resultados del Análisis proximal y fibra dietética total (FDT) del cultivo de acelgas.

PROXIMAL Y FDT	Unidad	100 gr	Composición química	
			normal	Interpretación
(según Plan operativo)				
Humedad	gr	83,8	92,66	Bajo
Cenizas	gr	4,6	1,6	Alto
Grasas totales	gr	0,2	0,2	Normal
Proteínas*	gr	4,4	1,8	Alto
Fibra Dietética Total*	gr	5	1,6	Alto
Hidratos de carbono disponibles	gr	2	2,14	Normal
Energía	kcal	27	18	Alto

Se destaca de la tabla 13 el alto contenido de proteínas y de fibra dietética total del alimento.

Las proteínas de las acelgas se descomponen en aminoácidos en nuestro organismo para su asimilación. Las proteínas que el cuerpo sintetiza, además de

ser útiles para la creación de nueva masa muscular, también intervienen en funciones fisiológicas sin las cuales, nuestro organismo no podría subsistir.

La fibra dietética cumple funciones fisiológicas de gran relevancia para la salud humana e interviene reduciendo el riesgo de algunas enfermedades no transmisibles.

**Tabla 14** Resultados de Análisis de minerales de las acelgas

MINERALES	Unidad	100 gr	Composición química	
			normal	Interpretación
			(según Plan operativo)	
Sodio	Mg	786	213	Alto
Calcio	Mg	127	51	Alto
Cobre	Mg	0,4	0,179	Alto
Hierro	Mg	10	1,8	Alto
Manganeso	Mg	1	-	-
Magnesio	Mg	135	81	Alto
Zinc	Mg	1,4	0,36	Alto
Potasio	Mg	1134	379	Alto
Fósforo	Mg	62	46	Alto
Aluminio	Ppm	13	-	-

En la tabla 14 se pueden observar los niveles altos de minerales que contienen las plantas de acelga, lo cual era esperable debido a la gran cantidad de minerales que contiene el agua de mar y especialmente en el contenido de sodio.

El sodio es un nutriente esencial, que debe estar presente en pequeña cantidad en nuestra dieta, su función principal, es la de mantener el equilibrio de fluido entre el medio intra y extracelular, permitiendo una función adecuada de las células. La ingesta de sodio permite suplir las pérdidas derivadas del sudor.

La ingesta adecuada de sodio establecida por el Instituto de Medicina (IOM) de la Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU, es de 1,5 g/día para la población de 9 a 50 años y la de cloro de 2,3 g/día (3,8 g de sal).

El IOM estableció el Nivel Máximo Tolerable de Ingesta (UL, Tolerable Upper Intake Level) para sodio en 2,3 g/día (5,75 g de sal por día).

El valor de referencia diario para sodio expresado en términos absolutos y en relación a la ingesta recomendada de energía en Chile es de 2.000 kcal/día y máximo por día de 2400 mg de sodio.

Según la ley de etiquetados en Chile, un alimento es alto en sodio cuando contiene 400 mg de sodio en 100 gr. Por lo cual este producto se encuentra dentro de los alimentos altos en sodio.

#### **3.4.9. Análisis de la efectividad del uso del agua.**

Con el objetivo de dar a conocer las cantidades de agua de mar y agua potable utilizada, se realizó un análisis de la efectividad del uso del agua, que dio como resultado un ahorro en cuanto al agua que se utilizó versus el agua que se utiliza en un cultivo con riego común (con agua dulce). Este análisis se detalla en el ANEXO 13.

### 3.4.10. Cuadro comparativo entre los resultados esperados y los obtenidos.

N° OE	N° RO	Resultado Obtenido (RO)	Nombre del indicador	Resultado Obtenidos	Resultados esperados
1	1	Perfil de humedad Unidad: %	Humedad Compost	23 – 50	25 – 50
			Humedad Humus	25 – 50	25 – 50
			Humedad Arena	0 – 50	25 – 50
1	2	Perfil de salinidad Unidad: mS/cm	Salinidad Compost	0,72 – 2,35	2 – 8
			Salinidad Humus	0,91 – 3,82	2 – 8
			Salinidad Arena	0,09 – 8,88	2 – 8
1	3	Altura del sustrato Unidad: centímetros	Altura	<u>Altura de cada nivel:</u> <b>Nivel 1:</b> 40 cm de sustrato. <b>Nivel 2:</b> 80 cm de sustrato. <b>Nivel 3:</b> 110 cm de sustrato.	40 – 120.
1	4	Elección del sustrato  Según: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de ascenso capilar</li> <li>• Densidad aparente</li> <li>• Capacidad de intercambio catiónico</li> </ul>	Elección sustrato	<u>Capas de sustrato:</u> <b>Nivel 1:</b> Arena 5 cm; Compost: 30 cm y Humus: 5 cm. <b>Nivel 2:</b> Arena 5 cm; Compost 70 cm y Humus 5 cm. <b>Nivel 3:</b> Arena 5 cm; Compost 100 cm y Humus 5 cm.	Mezcla de sustrato.

N° OE	N° RO	Resultado Obtenido (RO)	Nombre del indicador	Resultado Obtenidos	Resultados esperados
3	1	Siembra de hortalizas Fórmula de cálculo: • Distancia de plantación de acelga. • Distancia de plantación tomate.	Siembra	<u>Acelgas:</u> (Una hilera de 3 m) • Entre hilera 40 cm • Sobre hilera 20 cm  <u>Tomate cherry:</u> (Una hilera de 3 m) • Entre hilera 40 cm. • Sobre hilera 25 cm	<u>Acelgas:</u> (Dos hileras de 3 mt ) Entre hilera: 20 cm Sobre hilera: 10 cm  <u>Tomate Cherry:</u> (Una hilera de 3 mt) Sobre hilera 20 cm Entre Hilera 40 cm
3	2	Registro semanal de evaluaciones de campo de n° hojas, altura, numero de hojas con danos Parámetros de T°, CE y pH y Humedad de suelo.	Registro de campo	<u>Acelgas</u> <b>N° de hojas=</b> Nivel 1: 17 – 56 Nivel 2: 6 – 32 Nivel 3: 4 – 25 <b>Altura de planta=</b> Nivel 1: 22 – 52 Nivel 2: 6 – 34 Nivel 3: 7 – 20 <b>N° de hojas con daños=</b> 1 – 29 <u>Tomates</u> <b>N° de peciolo=</b> Nivel 1: 6 – 17 Nivel 2: 5 – 17 Nivel 3: 9 – 56 <b>Altura de planta=</b> Nivel 1: 14 – 27 Nivel 2: 13 – 26 Nivel 3: 9 – 73 <b>N° hojas con daños=</b> 11-41	<u>Acelgas:</u> <b>N° de hojas=</b> 6 -12 hojas <b>Altura de planta=</b> 15-20 cm <b>N° de hojas con=</b> 3-6  <u>Tomates:</u> <b>N° de racimos=</b> 7 <b>Altura de planta=</b> 180 -210 cm <b>N° de hojas con daños=</b> 3-6
3	3	Descripción del estado nutricional de la planta. Fórmula de cálculo: Concentración de Nutrientes.	Análisis foliar	<b>ANEXO 6:</b> Informe de Análisis foliar	Se adjunta tabla con rango de suficiencia de nutrientes (Anexo 9).

N° OE	N° RO	Resultado Obtenido (RO)	Nombre del indicador	Resultado Obtenidos	Resultados esperados
3	4	Registro de número de frutos y peso de frutos durante la cosecha.	Peso de fruto	<b>Peso de frutos=</b> 3,4 – 5 gr <b>N° de tomates por planta=</b> 3 – 17	<b>Peso de frutos=</b> 10 gr-15 gr <b>N° de tomates por planta=</b> 15 o mayor a 15 frutos por planta.
3	5	Rendimiento expresado en Kg/m <sup>2</sup> por cada nivel de terraza. Rendimiento esperado.	Rendimiento	<u>Acelgas</u> Nivel 1 = 1,33 kg/m <sup>2</sup> Nivel 2 = 0,24 kg/m <sup>2</sup> Nivel 3 = 0 Kg/planta: 0,16 – 0,03 <u>Tomates</u> Nivel 1 = 0 Nivel 2 = 0 Nivel 3 = 0,28 kg/m <sup>2</sup>	Acelga (4-6 Kg/m <sup>2</sup> ); Tomate (2-4 Kg/m <sup>2</sup> ) Acelga 0.3- 0.5 Kg/pl
3	6	Descripción de análisis proximal y de minerales de las hortalizas cosechadas.	Análisis de hortalizas.	<b>ANEXO 8:</b> Análisis de plantas	Se adjunta tabla con rango óptimos y críticos de aportes nutricionales para tomate y acelga ( Anexo 10)
4	1	Análisis factibilidad económica. Fórmula de cálculo: B/C (Ingresos / costos).	Costo – beneficio.	<b>ANEXO 11:</b> Fichas B/C <b>ANEXO 12:</b> Análisis económico de la inversión	B/C ≥ 1
5	1	Seminario de difusión. Fórmula de cálculo: N° de asistentes al seminario.	Seminario realizado.	La actividad de seminario de cierre programado para Enero de 2017, fue postergada para el 30 de Marzo de 2017, por motivos de mejorar la convocatoria del evento.	30

Es importante destacar que al ser una investigación pionera en Chile, existe poca información en cuanto a las dificultades que existe al cultivar hortalizas con riego capilar con agua de mar, ya que son condiciones distintas a las de un cultivo convencional. Por lo tanto, existen algunas discrepancias en cuanto a los resultados esperados:

Discrepancias	Resultado Obtenidos	Resultados esperados	Razones de discrepancias
Elección sustrato	<p><u>Capas de sustrato:</u>  <b>Nivel 1:</b> Arena 5 cm; Compost: 30 cm y Humus: 5 cm.  <b>Nivel 2:</b> Arena 5 cm; Compost 70 cm y Humus 5 cm.  <b>Nivel 3:</b> Arena 5 cm; Compost 100 cm y Humus 5 cm.</p>	Mezcla de sustrato.	<p>Se determinó que la mejor manera de incorporar el sustrato a las terrazas era a través de capas y no mezclándolos, ya que cada sustrato cumple con una función en cada capa.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Arena: como esponja en contacto con el agua de mar.</li> <li>2. El compost como un sustrato fértil, con buena capilaridad, y capacidad de retener sales y alta CIC.</li> <li>3. El humus se incorporó en la zona radicular para aportar materia orgánica a las plantas.</li> </ol>
Registro de campo	<p><u>Acelgas</u>  <b>N° de hojas=</b>            Nivel 1: 17 – 56            Nivel 2: 6 – 32            Nivel 3: 4 – 25  <b>Altura de planta=</b>            Nivel 1: 22 – 52            Nivel 2: 6 – 34            Nivel 3: 7 – 20  <b>N° de hojas con daños salinidad=</b> 1 – 29  <u>Tomates</u>  <b>N° de peciolo=</b>            Nivel 1: 6 – 17            Nivel 2: 5 – 17            Nivel 3: 9 – 56  <b>Altura de planta=</b>            Nivel 1: 14 – 27            Nivel 2: 13 – 26            Nivel 3: 9 – 73  <b>N° de hojas con daños salinidad=</b>            11 – 41</p>	<p><u>Acelgas</u>  <b>N° de hojas=</b> 6 -12 hojas  <b>Altura de planta=</b> 15-20 cm  <b>N° de hojas con daños=</b> 3-6  <u>Tomates</u>  <b>N° de racimos=</b> 7  <b>Altura de planta=</b> 180 -210 cm  <b>N° de hojas con daños de=</b> 3-6</p>	<p>En el nivel 1 (40 cm de altura) se logra tener un mayor crecimiento de las plantas, con un numero de hojas y alturas mayores a las esperadas.            El riego con agua salada produce un estrés salino el cual provoca un descenso del potencial hídrico del suelo e induce al estrés hídrico en las plantas. Además determinados iones son tóxicos para las glicofitas (la inmensa mayoría de las plantas cultivadas). Dentro de ellos, los más abundantes en el suelo son el Cl<sup>-</sup> y el Na<sup>+</sup> (Mesa, 2003).            Para sobrevivir a este tipo de estrés las plantas tratan de adaptarse de las siguientes maneras:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fisiológicamente: retraso de germinación y maduración, acortamiento estación crecimiento (anuales) y engrosamiento cutículas para hacer descender transpiración.</li> <li>2. Morfológicamente: disminución tamaño foliar para hacer descender la transpiración, succulencia en tallos y/u hojas (acumula y aísla sales para evitar toxicidad, compensar diferencias presión osmótica con suelo).</li> <li>3. Fenológicamente: Retraso de la floración (Alcaraz, 2012).</li> </ol>

Discrepancias	Resultado Obtenidos	Resultados esperados	Razones de discrepancias
Registro de número de frutos y peso de frutos durante la cosecha.	<b>Peso de frutos=</b> 3,4 – 5 gr <b>N° de tomates por planta=</b> 3 – 17	<b>Peso de frutos=</b> 10 gr-15 gr <b>N° de tomates por planta=</b> 15 o mayor a 15	<p>En cultivos de tomates, la altura de las plantas disminuye con el incremento de la salinidad. A nivel de hojas la salinidad genera una reducción en su número y en el área foliar. También se observa clorosis, necrosis, disminución de la densidad estomática en la cara adaxial y simultáneamente un aumento en la cara abacial, aumento de clorofila e incremento de actividad de la peroxidasa. También afecta la floración y la producción de frutos entre otros.</p> <p>En cuanto a su vinculación con enfermedades, favorece la incidencia de pudrición terminal en frutos de tomates. La disminución en el número de hojas como consecuencia del incremento de la salinidad es una respuesta variable que depende de la especie o cultivo que se trate como también de los niveles de sales a las que son expuestas las plantas. Además de verse disminuido el número y tamaño de los frutos, estudios sobre la respuesta de las plantas al estrés osmótico muestran que a mayores niveles de estrés se mejora la calidad de los frutos. (Vitelio &amp; Gabriel, 2007).</p>
Rendimiento expresado en Kg/m <sup>2</sup> por cada nivel de terraza. Rendimiento esperado.	<u>Acelgas</u> Nivel 1 = 1,33 kg/m <sup>2</sup> Nivel 2 = 0,24 kg/m <sup>2</sup> Nivel 3 = 0 Kg/planta: 0,16 – 0,03  <u>Tomates</u> Nivel 1 = 0 Nivel 2 = 0 Nivel 3 = 0,28 kg/m <sup>2</sup>	Acelga (4-6 Kg/m <sup>2</sup> ); Tomate (2-4 Kg/m <sup>2</sup> ) Acelga 0.3- 0.5 Kg/pl	Los cultivos presentan un bajo rendimiento en comparación con los resultados esperados propuestos en el plan operativo, lo cual no se debió explícitamente a las altas concentraciones de sales sino que a una plaga de larva, las cuales consumieron gran parte del volumen de hojas.
Seminario de difusión.	Aún no se realiza	30	La actividad de seminario de cierre programado para Enero de 2017, fue postergada para el 30 de Marzo de 2017, por motivos de mejorar la convocatoria del evento.

### 3.5. FICHAS TÉCNICAS Y ANALISIS ECONÓMICO.

Los detalles del análisis beneficio-costos (B/C) se pueden encontrar en el ANEXO 11 y en el ANEXO 12 se encuentra el análisis económico de la inversión del proyecto.

Conclusiones del análisis económico: Podemos decir que a pesar de tener una razón B/C favorable, los costos de inversión son demasiado altos para ser rentable, lo cual nos lleva a pensar en una solución más económica en cuanto a la construcción de las terrazas.

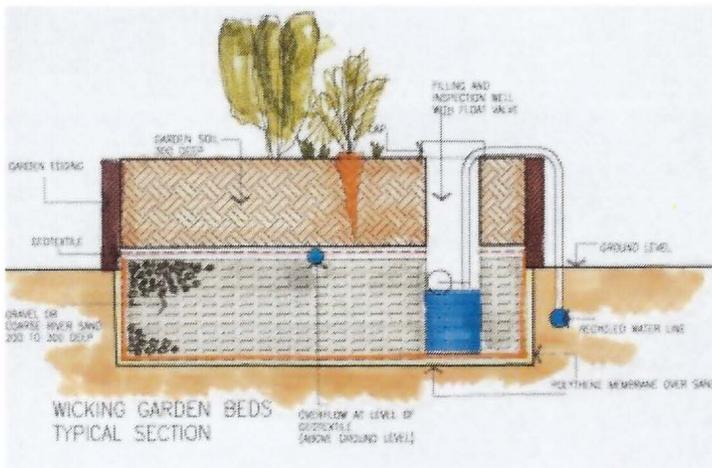
Para una futura implementación de este proyecto, se sugiere utilizar materiales reciclados, tales como Bins, y así mitigar costos de inversión.

Además existen otras investigaciones sobre riego por capilaridad, como el sistema ideado por el ingeniero australiano Colin Austin en la que implementó el sistema realizando un surco en la tierra y con una eficiente impermeabilización del suelo de modo que este no se contamine con las sales del agua de mar, como se muestra en la figura 19:

1. El primer paso es cavar una fosa, donde se incorporarán la grava, el agua y la tierra.
2. Luego se impermeabiliza el fondo con una lona impermeable para que el agua se mantenga en el fondo.
3. El tercer paso es incorporar un tubo (como se ve en la imagen) para insertar el agua de mar en el nivel freático.

4. Y por último se rellena con la grava, malla separadora, arena y tierra fértil, para luego sembrar o trasplantar las hortalizas en la superficie de esta terraza.

De esta manera se podrían reducir gastos de inversión, ya que las terrazas del presente proyecto fueron construidas con hormigón, el cual es un material resistente pero a la vez muy costoso.



**Figura 19** Terraza de cultivo con riego por capilaridad.

### 3.6. IMPACTOS Y LOGROS DEL PROYECTO.

Clasificación del indicador	Descripción del indicador	Fórmula del indicador	Línea base del indicador <sup>6</sup>	Meta del indicador al término de la propuesta <sup>7</sup>	Meta del indicador a los 2 años de finalizado o la propuesta <sup>8</sup>	Resultados obtenidos
Económicos	Rendimiento de hortalizas en sistema de riego por capilaridad con agua de mar	Peso de hortalizas cosechadas/superficie m <sup>2</sup>	10 kg para acelga 4 Kg para tomate	8 kg para acelga 3 kg para tomate	10 kg para acelga 4 Kg para tomate	0,14 kg/planta
Sociales en la organización	Número de personas capacitadas en nuevas fuentes de agua como lo es el agua de mar	Nº de capacitadas	0	40	80	21 personas asistieron a la actividad de día de campo. Y se espera que al seminario de cierre asistan aprox. 50 personas.
Medio ambientales	Nivel de contribución de agua de mar como nueva fuente de abastecimiento	Numero de fuentes de abastecimiento para riego agrícola	2 (Agua dulce, agua desalinizada, agua residuales)	3	4	Efectivamente se logra insertar el agua de mar sin desalar como una fuente más de abastecimiento

#### Impactos Tecnológicos

Logro	Número	Detalle
Generación nuevos proyectos		A partir de este estudio, se quiere seguir investigando en la línea del riego con agua de mar pero esta vez con el apoyo de una caleta de la región de Antofagasta, la cual al mismo tiempo se verá beneficiada por la obtención de conocimientos y por el autoconsumo de las

<sup>6</sup> La línea base consiste en la descripción detallada del área de influencia de un proyecto o actividad, en forma previa a su ejecución. Completar con el valor que tiene el indicador al inicio de la propuesta.

<sup>7</sup> Completar con el valor del indicador, al cual se espera llegar, al final de la propuesta.

<sup>8</sup> Completar con el valor del indicador, al cual se espera llegar, al cabo de 2 años de finalizado la propuesta.

	hortalizas producidas por este futuro proyecto.
--	---

### Impactos Científicos

Logro	Número	Detalle (Citas, título, descripción)
Publicaciones	1	No se descarta próximamente desarrollar una publicación en base a la información que se obtendrá de la tesis que hasta la fecha se encuentra en desarrollo. Y también se espera poder seguir investigando al respecto para obtener más resultados sobre el riego con agua de mar.
Eventos de divulgación científica	1	El seminario que se realizará el 30 de Marzo de 2017 será una instancia de gran importancia para divulgación de los resultados de este estudio, donde se encontrarán presentes todas las personas que se encuentren interesadas en el tema, tanto como académicos de la universidad y estudiantes, además de autoridades regionales competentes.

### Impactos en Formación

Logro	Numero	Detalle (Título, grado, lugar, institución)
Tesis pregrado	1	“Estudio de la factibilidad técnica de cultivar hortalizas con agua de mar empleando riego por capilaridad”  Memoria para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y al título de Ingeniero Civil Ambiental.  Universidad Católica del Norte

### 3.7. PROBLEMAS ENFRENTADOS DURANTE EL PROYECTO.

Cambio de fecha en la iniciación del proyecto: Debido a un retraso por parte de los procesos administrativos de la Universidad, el proyecto se inició tardíamente, retrasando las actividades aproximadamente un mes.

Bajo rendimiento y plagas: Los cultivos presentan un bajo rendimiento en comparación con los resultados esperados propuestos en el plan operativo.

En el caso de las acelgas, el bajo rendimiento se debió a una plaga de larvas, las cuales consumieron gran parte del volumen de hojas. Por lo que se utilizaron algunos insecticidas disponibles en el mercado pero que no causaron efecto sobre la plaga.

En el caso de los tomates, el bajo rendimiento se debió al tamaño reducido que tuvieron los tomates, los cuales tampoco alcanzaron el peso que se esperaba inicialmente. Las plantas dañadas fueron recambiadas por otras, pero al finalizar el proyecto no se lograron resultados debido al poco tiempo de establecimiento.

Además es importante recalcar que esta investigación se basa en el riego con agua de mar, y que esta agua al ser alta en sodio produce un estrés salino el cual tiene dos componentes que afectan el crecimiento vegetal: el componente osmótico y el iónico. La elevada concentración salina provoca un descenso del potencial hídrico del suelo e induce al estrés hídrico en las plantas. Esto es lo que se conoce como componente osmótico de la salinidad. En cuanto al componente iónico, determinados iones son tóxicos para las glicofitas (la inmensa mayoría de

las plantas cultivadas). Dentro de ellos, los más abundantes en el suelo son el Cl<sup>-</sup> y el Na<sup>+</sup> (Mesa, 2003).

### 3.8. OTROS ASPECTOS DE INTERES.

Paralelamente a la primera fase de ejecución del proyecto se llevaron a cabo terrazas de prueba a pequeña escala:

Ensayo de simulación de terrazas a pequeña escala de cultivo de hortalizas a través de siembra directa, las cuales fueron regadas inicialmente con agua dulce (solo la primera semana).



**Figura 20** Cultivo en terrazas a pequeña escala.

Además se realizaron pruebas de terrazas con Bins:

Una forma mucho más económica de realizar el sistema de riego por capilaridad con agua de mar, reciclando Bins fuera de uso para el cultivo de hortalizas en Caletas.



**Figura 21** Pruebas de terrazas de cultivo en Bins.

### 3.9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con los resultados obtenidos se puede concluir que el cultivo de hortalizas con agua de mar es posible, siempre y cuando el agua de mar no entre en contacto directo con la planta, es decir, utilizando el método de riego por capilaridad. Lo importante es aprender a utilizarla y conocer el funcionamiento que tienen en distintos tipos de sustratos y distintos tipos de clima, ya que en climas con aporte de pluviometría los resultados podrían ser mejores.

Lo destacable de esta investigación finalmente es que se logró comprobar que es posible el crecimiento de hortalizas regadas con agua de mar. Se requiere continuar la investigación, ya que es relevante fortalecer una línea base de

resultados e información, con esto se ha logrado generar el levantamiento de una línea de investigación en riego de hortalizas con agua de mar, orientada a desarrollar la agricultura en zonas desérticas, en donde el agua es un bien escaso y estratégico.

Los inconvenientes más importantes que presentó el proyecto corresponden principalmente: a la disponibilidad de insumos en la ciudad de Antofagasta, por lo que se han tenido que adquirir desde la ciudad de Santiago (semillas, tierra, insumos de laboratorio, etc.); la generación y diseño de construcción de las terrazas de cultivo debido a que es un modelo nuevo, por lo que estaba más expuesto a cometer errores, además las plagas que afectaron gran parte de las plantas y sus rendimientos.

Al ser una investigación pionera en la región son destacables los resultados positivos del proyecto, lo que abre una serie de futuros proyectos en la temática de riego con agua de mar en la agricultura. Además ha despertado el interés en la región de autoridades locales para investigar en esta línea debido a la escasez hídrica de la zona. Enfocado principalmente a la utilización de este sistema en proyectos productivos que ayude a las comunidades de ciertas caletas de la región de Antofagasta.

Para estos futuros proyectos se sugiere mejorar manejos agronómicos y factores ambientales, a través de un invernadero se podrían obtener mejor resultados, seguir investigando con estos cultivos y probar diferentes alturas de sustrato, para equilibrar el contenido de sales en las plantas.

Si bien el análisis económico de la inversión fue negativo esto se debió expresamente al tipo de material utilizado para la construcción de las terrazas, ya que a pesar de ser un material resistente este también era costoso. Por otro lado, el análisis de la razón beneficio – costo fue positiva, lo cual nos incentiva a seguir investigando en esta rama para lograr más adelante un beneficio para la comunidad.

#### IV. INFORME DE DIFUSION.

##### FOTOGRAFÍAS DE LA ACTIVIDAD DE DÍA DE CAMPO

La actividad de día de campo, consistió en un evento de presentación del proyecto ante las autoridades competentes de la Región de Antofagasta y para el público interesado en general sobre la investigación del riego de hortalizas con agua de mar.

En esta actividad se contó con los siguientes expositores:

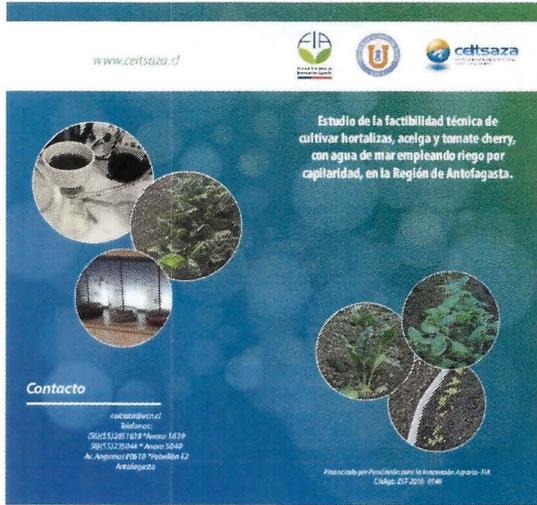
- Natalia Gutiérrez, Coordinadora del proyecto., de profesión Ingeniero Agrónomo.
- Darlyn Ávila, Ingeniero de Proyecto, de profesión Ingeniero Agrónomo.
- Alexandra Astorga, Tesista y actualmente reemplazante de Ingeniero de Proyecto, de profesión Ingeniero Civil Ambiental.



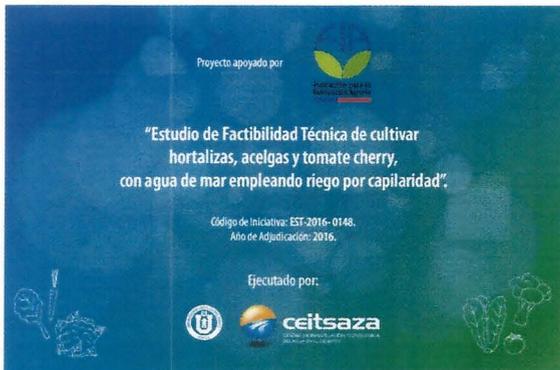


# MATERIAL DE DIFUSION

## Díptico:



## Cartel:



## Pendón:



Lista de Asistencia (PMI UCN1302)  
ADULTOS



Universidad Católica del Norte  
ver más allá

Nombre: Día de Campo

Fecha: 27-10-2016

Duración:

NOMBRE	CARGO	EMAIL	TELEFONO	FIRMA
Mario Astorga Perez	SAG			
Jaime Pinto Flores	Servicio Agrícola			
Marcelo Castillo V	Servicio Agrícola			
Fernando Areuñbio	FIA			
Williams Brucero	Dir. Investigación			
Luis Camilo Uribe A.	Coord. Vinculación			
Rodolfo Norales P	Empresario			
Laura Silva	Empresaria Hidroeléctrica			
Dolores Jimenez	Presidenta ASGRALIA			
MARIA JOSE GANA	Empresaria			
Laura Navarro Gonzalez	Empresaria			

\*\*Nota: Escribir con letra legible

Lista de Asistencia (PMI UCN1302)  
ADULTOS



Universidad Católica del Norte  
ver más allá

Nombre: Día de Campo

Fecha: 27-10-2016

Duración:

NOMBRE	CARGO	EMAIL	TELEFONO	FIRMA
Leonardo Romera	Director			
JOSE LUQUE MARÍN	Investigador Hidrogeólogo			
Fco González	Mtr municipal			
M <sup>rs</sup> Angélica Coronado	Gestor Financ			
Marta Espinoza	Asist. Financiera			
Salomé Coledan	Ing. Proy			
Leidy Jimena Bedón D.	Ing Proyectos			Leidy Jimena Bedón D.
Pablo Quiroga Espindola	Ing Proyectos			
Paulo Ossandon	Memorista			
Camila Cuesta R	Practicante			

\*\*Nota: Escribir con letra legible

## V. ANEXOS

Lista de anexos adjuntos:

- Anexo 1: Informe de análisis de agua de mar.
- Anexo 2: Manual de construcción de las terrazas.
- Anexo 3: Establecimiento de las hortalizas.
- Anexo 4: Registro y evaluación de las fases fenológicas de las plantas.
- Anexo 5: Registro de la variación de los parámetros del sustrato.
- Anexo 6: Informe de análisis foliar de las plantas de acelga.
- Anexo 7: Rendimiento del cultivo de acelgas.
- Anexo 8: Informes de análisis Proximal, Fibra dietética y de Minerales de las plantas de acelga.
- Anexo 9: Rangos de suficiencia de nutrientes (propuestos en plan operativo).
- Anexo 10: Rango de composición química de las plantas (propuestos en plan operativo)
- Anexo 11: Fichas de cálculo de Beneficio – Costo de los cultivos
- Anexo 12: Análisis económico de la inversión.
- Anexo 13: Análisis de efectividad del uso de agua.
- Anexo 14: Fichas del equipo técnico.
- Anexo 15: Evidencia fotográfica de las terrazas de cultivo.

## VI. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

Agostini, M., Monterubbianesi, M., Studdert, G. & Maurette, S., 2014. Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del Suelo*, pp. 171-176.

Alcaraz, D. F., 2012. *Salinidad y Vegetación*, Murcia, España: Universidad de Murcia.

Aquamaris, F., 2017. *Fundación Aquamaris*. [En línea]  
Available at: <http://www.aquamaris.org/riego-con-agua-de-mar/>  
[Último acceso: 2017].

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s.f. *www.bcn.cl*. [En línea]  
Available at: <http://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region2/clima.htm>  
[Último acceso: 03 Noviembre 2016].

Instituto para innovación tecnológica en agricultura, 2016. *www.intagri.com*. [En línea]  
Available at: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo#sthash.4MboSZTe.OvmjzFlc.dpbs>  
[Último acceso: 2016].

Laboratorio SAP, U de Chile, 2016. *www.sap.uchile.cl*. [En línea]  
Available at:  
[http://www.sap.uchile.cl/descargas/suelos/038Suelos.Propiedades\\_quimicas.pdf](http://www.sap.uchile.cl/descargas/suelos/038Suelos.Propiedades_quimicas.pdf)  
[Último acceso: 2016].

McKean, S., 1993. *Manual de Análisis de Suelos y Tejido Vegetal*, s.l.: s.n.

Mesa, D., 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3), pp. 217-226.

Terzaghi, K., Peck, R. & Mesri, G., 1996. *Soil Mechanics in Engineering Practice, Third Edition*. s.l.:s.n.

Universidad de Chile, s.f. *mct.dgf.uchile.cl*. [En línea]

Available at: [mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio\\_mod1.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.pdf)

[Último acceso: 2016].

Vitelio, G. & Gabriel, S., 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y practicas agronómicas de su manejo. *IDESIA*, pp. 47-58.

## **Anexo 1**

Informe del análisis de agua de mar

# INFORME DE ANALISIS



Fecha: 06-07-2016

## 1.- ANTECEDENTES

- Solicitante: Darlyn Avila
- Muestreo: Realizado por el solicitante

## 2.- RESULTADOS OBTENIDOS

Ensayo	Unidad	P-4
Ph		7,71
Temperatura	°C	19,7
Conductividad		55,1 mS/cm
Bicarbonato	mg/L	73,2
Sulfato	mg/L	2577
Cloruro	mg/L	20348
Nitrato	mg/L	<0,1
Calcio	mg/L	506,5
Magnesio	mg/L	1613
Sodio	mg/L	2255
Boro	mg/L	28
Potasio	mg/L	666

María Ildelfonso Carpanchay.  
Analista Químico.  
Ceitsaza.  
Universidad Católica del Norte.

## **Anexo 2**

Manual de construcción de terrazas de cultivo



**MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS TERRAZAS DE CULTIVO**

**“PROYECTO FIA “ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DE CULTIVAR HORTALIZAS,  
ACELGA Y TOMATE CHERRY, CON AGUA DE MAR EMPLEANDO RIEGO POR CAPILARIDAD”,  
REGIÓN DE ANTOFAGASTA  
CÓDIGO: EST-2016-0148**

**Coordinador: Natalia Gutiérrez Roa**

**Ingeniero Proyecto: Alexandra Astorga Sanchez**

## 1. RESUMEN

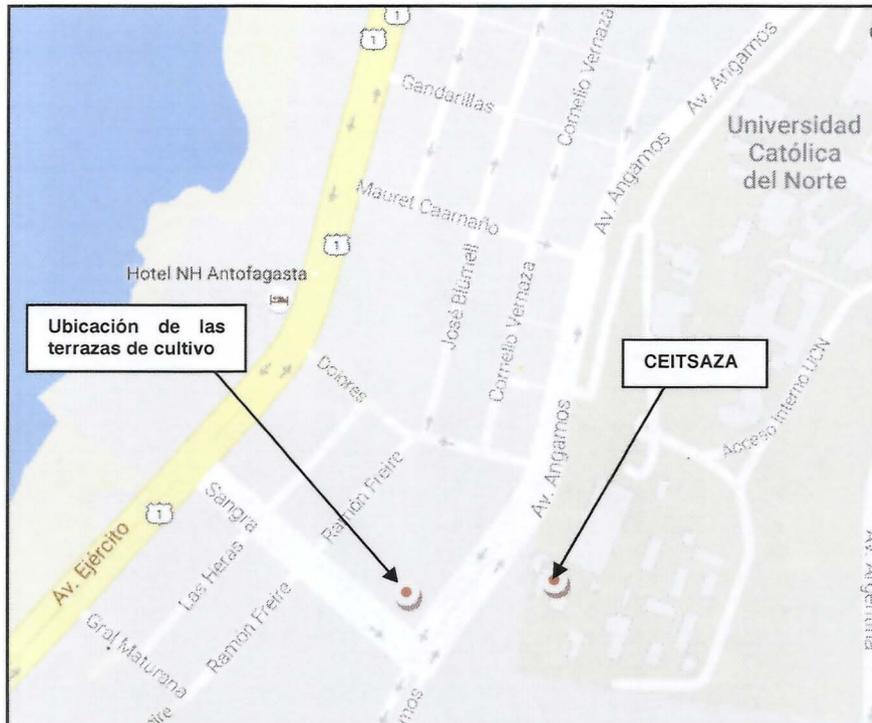
El presente manual detalla la construcción de dos terrazas de cultivos hortícolas, con riego por capilaridad con agua de mar.

Se realizó la construcción a través de un subcontratista Ingeniero en Construcción. Los detalles del diseño de construcción tales como las dimensiones y requerimientos a emplear en la construcción de las terrazas, se investigaron previamente con análisis de laboratorio por el equipo de trabajo del proyecto FIA.

El objetivo de la construcción de estas terrazas es llevar a cabo la investigación de riego por capilaridad con agua de mar, para poder definir la factibilidad técnica y económica de este estudio.

## 2. UBICACIÓN

La construcción se llevó a cabo en el terreno de la Universidad Católica del Norte, Calle Sangra, entre Ramón Freire y avenida Angamos, el cual queda ubicado frente al Centro de Investigación Tecnológica del Agua en el Desierto, CEITSAZA, de la Universidad Católica del Norte, Región de Antofagasta.



**Figura N° 1** Mapa de ubicación de las terrazas de cultivo proyecto FIA y CEITSAZA

### 3. DISEÑO DE LAS TERRAZAS:

Se construyeron dos terrazas con las mismas dimensiones:

- Largo: 3 metros de largo.
- Ancho 1,20 de ancho.

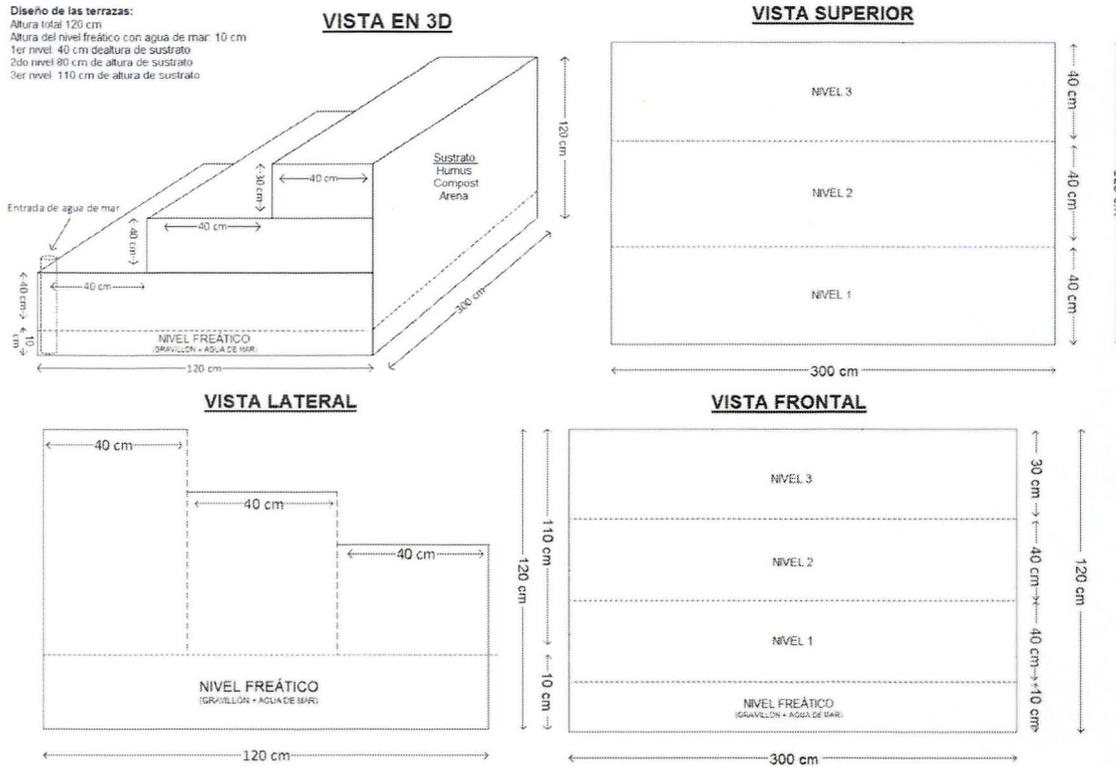
El diseño de estas terrazas se llevó a cabo de modo que en la parte inferior de estas quede un espacio de 10 cm de altura para que el agua de mar pueda moverse libremente junto con el gravillon, permitiendo que el agua de mar ascienda capilarmente por el sustrato hasta llegar a la superficie.

Luego se definieron 3 alturas diferentes:

1. Altura total primer nivel 50 cm
2. Altura total del segundo nivel 90 cm
3. Altura total del tercer nivel 120 cm

(Cada altura incluye los 10 cm de agua de mar)

La finalidad de tener tres niveles diferentes, es para poder analizar el comportamiento del ascenso capilar a diferentes alturas y por ende tener más conclusiones del comportamiento y adaptación de las plantas.



**Figura N° 2** Plano descriptivo de construcción de terrazas de uso Agrícola, riego por capilaridad con agua de mar, proyecto FIA, 2016.

#### 4. Paso a paso de la construcción de terrazas

##### PASO N°1: Emparejamiento del terreno

Una vez definido el lugar, se verifican las condiciones del terreno (si es de tierra o de cemento, si presenta desnivel, entre otros).

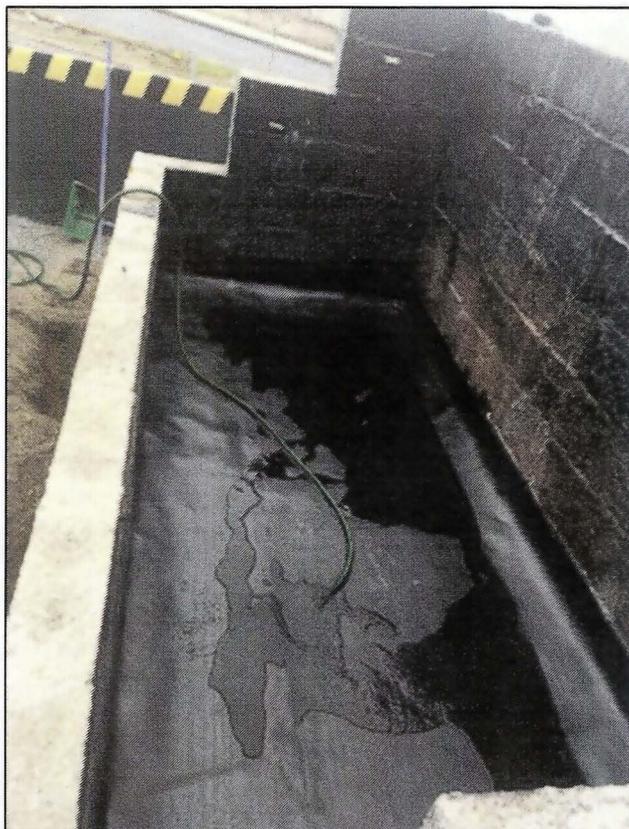
PASO N°2: Construcción de las bases de las terrazas. Con la ayuda de un marco de madera que se rellena con cemento, se procede a construir la base.



PASO N°3: Levantamiento de la estructura. A través de bloques de hormigón y fierros para reforzar las estructuras unidas con mezcla de cemento se levanta la estructura. Con las dimensiones solicitadas por el equipo FIA.



PASO N°4: Impermeabilización. Los primeros 10 cm se deben impermeabilizar con una membrana asfáltica para evitar filtraciones ya que en la parte inferior estará retenida el agua de mar junto con el gravillon, además se pondrá un nylon extra para evitar filtraciones en un 100%. Las paredes superiores se impermeabilizaron con pintura asfáltica impermeable Igol denso.



PASO N°5: Se agregaron en la base 10 cm aproximadamente de gravillon, el cual cumple el objetivo de sostener y dejar espacios para el libre movimiento del agua de mar.



PASO N°6: Para separar el agua de mar y el sustrato, se utilizó una capa de malla anti-hierba y otra de malla rachel, con la finalidad de que el sustrato no sature al espacio del movimiento del agua de mar.



PASO N°7: Se agregó un 10% de arena como primera capa de las terrazas, esta primera capa tiene el objetivo de actuar como una especie de esponja.



PASO N°8: Luego se prosiguió con el llenado de las terrazas, incorporando 80% de compost y 10% de humus en la parte superior de las terrazas.



PASO N°9: Trasplante de las hortalizas, terraza N° 1 (izquierda), se plantó tomate cherry, terraza N°2 (derecha), se trasplantó acelga.



PASO N°10: Para finalizar con la instalación de malla de rashel, para brindar protección del viento y del sol.



IMÁGENES DE LAS TERRAZAS DESPUES DE 3 MESES DEL ESTABLECIMIENTO DE LAS PLANTAS.



Terraza de cultivo de tomates Cherry



Terraza de cultivo de Acelgas.

## **Anexo 3**

Establecimiento de las hortalizas en las terrazas

### Anexo 3: Establecimiento de las hortalizas

Mientras se realizaba la construcción de las terrazas se procede a sembrar en almácigos acelgas y tomate Cherry (Figura N°2).



Figura N°1 Semillas.



Figura N°2 Almácigos



Figura N°3 Trasplante.

A fines del mes de Agosto se realizó el trasplante de las hortalizas en las terrazas de cultivo con el siguiente marco de plantación. (Figura N° 3)

Marco de plantación de tomates cherry:

**Terraza 1:** Tomate Cherry, variedad Cereza de enrame. Se trasplantaron 12 plántulas en cada uno de los niveles con un total de 36 plántulas de tomate. Con el siguiente marco de plantación:

- Entre hilera 40 cm aproximadamente (en este caso se refiere a la separación que existe entre niveles de la terraza).
- Sobre hilera 25 cm aproximadamente.



**Figura N°4** Marco de plantación.

Marco de plantación de acelgas:

**Terraza 2:** Acelga variedad Fordhook Giant. Se trasplantaron 13 plántulas en cada uno de los niveles con un total de 39 plántulas de acelga. Con el siguiente marco de plantación:

- Entre hilera 40 cm aproximadamente (en este caso se refiere a la separación que existe entre niveles de la terraza).
- Sobre hilera 20 cm aproximadamente.

## **Anexo 4**

Registro y evaluación de las fases fenológicas de las hortalizas

#### Anexo 4: Registro de las fases fenológicas de cada planta.

En el presente anexo se detalla gráficamente la información registrada desde el 29 de Agosto hasta el 30 de Diciembre de 2016. Cada gráfico muestra el crecimiento de las plantas en centímetros (línea de color rojo) y n° de peciolos (línea de color azul), las plantas dañadas o muertas por diferentes razones fueron cambiadas por otras, por lo que no se obtuvieron resultados de estas plantas debido al poco tiempo entre el trasplante y la finalización del proyecto.

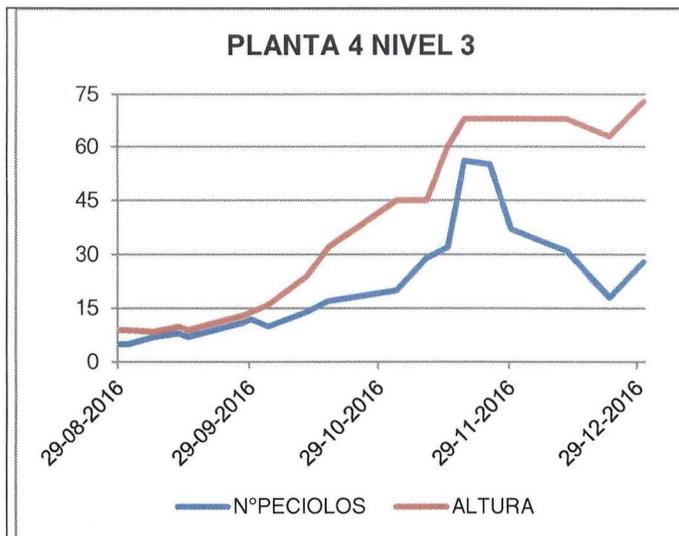
#### Notas:

- Las plagas que se observaron durante el crecimiento de las plantas fueron las siguientes:
  - a) Mosquita blanca
  - b) Pulgones
  - c) Larvas
- Para el control de plagas se utilizaron los siguientes productos:
  - a) Larvas: Producto natural ECO OPCION (línea ecológica) marca Anasac para insectos masticadores y luego se utilizó Insecticida Diazinon, marca Anasac.
  - b) Pulgones y mosquita blanca: Insecticida Pulgones, marca Anasac.
- Enfermedades:
  - a) Hongos en algunas plantas de tomate cherry.
- Es importante recalcar los rangos de conductividad eléctrica y humedad del sustrato, alcanzados en cada nivel: (detalles en ANEXO 5).

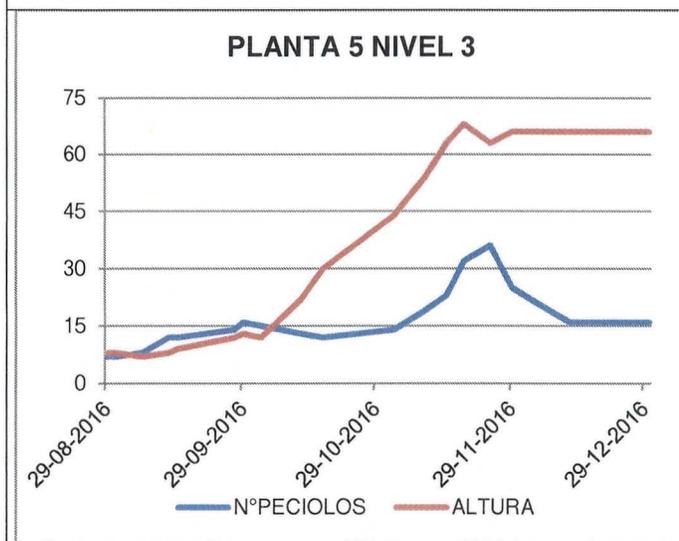
TERRAZA DE CULTIVO DE TOMATES CHERRY		
NIVEL	HUMEDAD	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
1	11,6 – 50%	0,14 - 4,9 mS/cm
2	10 – 46%	0,016 – 1,12 mS/cm
3	9,7 – 22 mS/cm	0,04 – 0,35 mS/cm
TERRAZA DE CULTIVO DE ACELGAS		
NIVEL	HUMEDAD	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
1	45,98 – 50%	1,38 – 7 mS/cm
2	21,08 – 44%	0,29 – 0,71 mS/cm
3	15,17 – 28,13%	0,1 – 0,75 mS/cm

1. Registro semanal de evaluaciones de campo de la plantas de tomate cherry del NIVEL 3 (altura 110 cm):

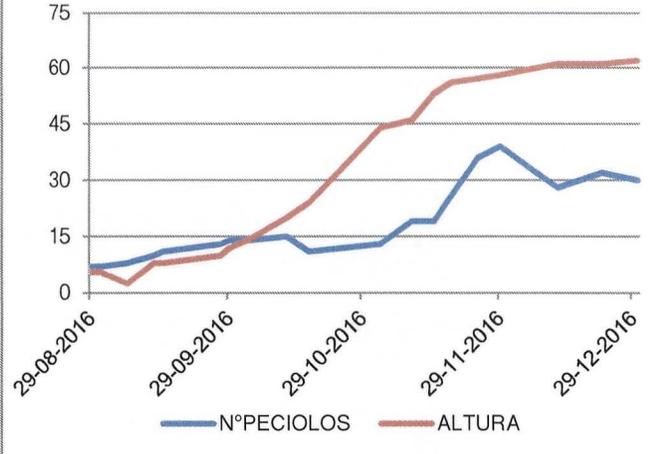
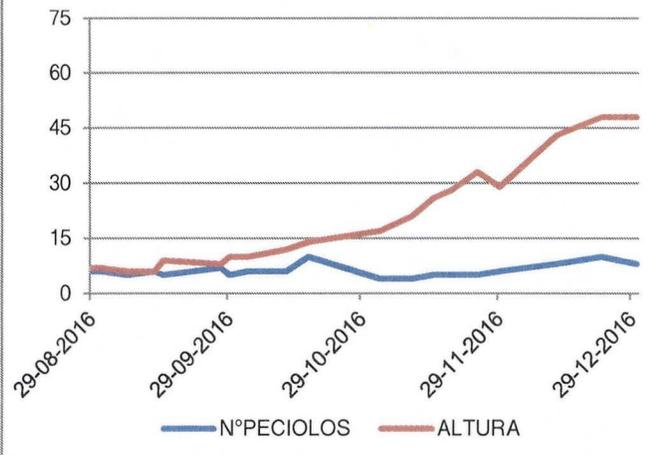
Gráficos	Registros		Resultados esperados
<p style="text-align: center;"><b>PLANTA 1 NIVEL 3</b></p> <p style="text-align: center;">— NºPECIOLOS — ALTURA</p>	<b>Margen nº de peciolo</b>	6 – 49 peciolo.	
	<b>Margen altura</b>	7 – 71 cm.	180 – 210 cm.
	<b>Nº de frutos y fecha 1er fruto</b>	18-11-2016 se observan flores. 12-12-2016 se observan 9 tomates (diámetro entre 0,8 y 1 cm). 31-12-2016 se observan 6 tomates sanos, 3 tomates dañados por larva (diámetro entre 0,8 y 1,5 cm).	Nº frutos por racimo: 7
	<b>Nº total de hojas dañadas</b>	19	3 – 6 hojas
	<b>Otras observaciones</b>	El descenso de la línea azul (nº peciolo) se debe al corte de hojas dañadas.	
<p style="text-align: center;"><b>PLANTA 2 NIVEL 3</b></p> <p style="text-align: center;">— NºPECIOLOS — ALTURA</p>	<b>Margen nº de peciolo</b>	5 – 26 peciolo.	
	<b>Margen altura</b>	9 – 58 cm.	180 – 210 cm.
	<b>Nº de frutos y fecha 1er fruto</b>	14-11-2016 aparición de primeras flores. No se observan tomates.	Nº frutos por racimo: 7
	<b>Nº total de hojas dañadas</b>	11	3 – 6 hojas
	<b>Otras observaciones</b>	El descenso de la línea azul (nº peciolo) se debe al corte de hojas dañadas.	



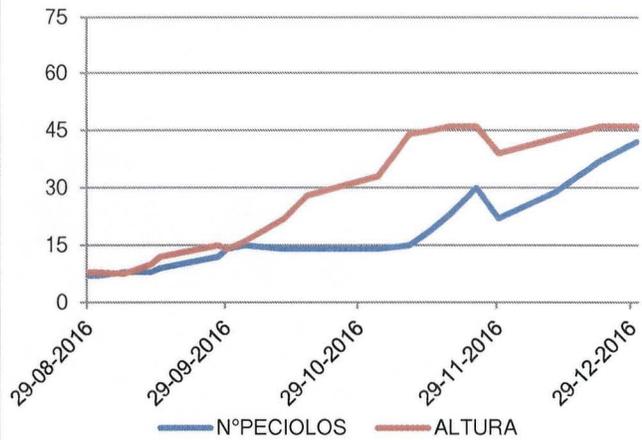
<b>Margen nº de peciolo</b>	5 – 55 peciolo.	
<b>Margen altura (última planta trasplantada)</b>	8 – 73 cm.	180 – 210 cm.
<b>Nº de frutos y fecha 1er fruto: (última planta trasplantada)</b>	22-12-2016 se observan 4 tomates (diámetro entre 0,1 y 0,8 cm) 30-12-2016 se observan 4 tomates (diámetro entre 0,3 y 1 cm)	Nº frutos por racimo: 7
<b>Nº total de hojas dañadas</b>	41	3 – 6 hojas
<b>Otras observaciones</b>	El descenso de la línea azul () se debe al corte de hojas dañadas.	El corte de hojas afecta en algunos casos la altura de la planta.



<b>Margen nº de peciolo</b>	7 – 36 peciolo.	
<b>Margen altura</b>	8 – 68 cm.	180 – 210 cm.
<b>Nº de frutos y fecha 1er fruto</b>	12-12-2016 se observan las primeras flores. 22-12-2016 se observan 3 flores. 30-12-2016 se observan 2 tomates (diámetro de 0,3 y 0,5 cm)	Nº frutos por racimo: 7
<b>Nº total de hojas dañadas</b>	24	3 – 6 hojas
<b>Otras observaciones</b>	El descenso de la línea azul () se debe al corte de hojas dañadas.	El corte de hojas afecta en algunos casos la altura de la planta.

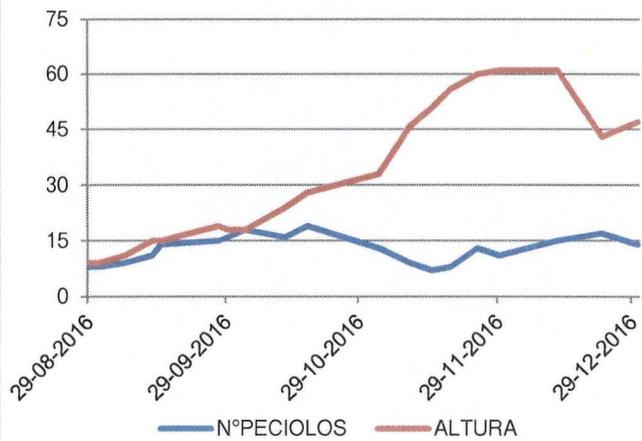
<p style="text-align: center;"><b>PLANTA 6 NIVEL 3</b></p>  <p style="text-align: center;">— N°PECIOLOS    — ALTURA</p>	<p><b>Margen nº de peciolo</b></p>	7 – 39 peciolo.	
<p><b>Margen altura</b></p>	2,5 – 62 cm.	180 – 210 cm.	
<p><b>Nº de frutos y fecha 1er fruto</b></p>	<p>24-11-2016 se observan las primeras flores.  12-12-2016 se observan 2 tomates (diámetro entre 1,3 y 1,5 cm)  22-12-2016 se observan 11 flores y 5 tomates (diámetro entre 0,2 y 1,8 cm)</p>	Nº frutos por racimo: 7	
<p><b>Nº total de hojas dañadas</b></p>	17	3 – 6 hojas	
<p><b>Otras observaciones</b></p>	El descenso de la línea azul () se debe al corte de hojas dañadas.		
<p style="text-align: center;"><b>PLANTA 9 NIVEL 3</b></p>  <p style="text-align: center;">— N°PECIOLOS    — ALTURA</p>	<p><b>Margen nº de peciolo</b></p>	4 – 10 peciolo.	
<p><b>Margen altura</b></p>	7 – 48 cm.	180 – 210 cm.	
<p><b>Nº de frutos y fecha 1er fruto</b></p>	<p>22-12-2016 se observan las primeras flores.  30-12-2016 se observan 3 tomates (diámetro entre 0,3 y 0,8 cm) y 1 flor.</p>	Nº frutos por racimo: 7	
<p><b>Nº total de hojas dañadas</b></p>	12	3 – 6 hojas	
<p><b>Otras observaciones</b></p>			

**PLANTA 11 NIVEL 3**



<b>Margen nº de peciolos</b>	7 – 42 peciolos.	
<b>Margen altura</b>	8 – 46 cm.	180 – 210 cm.
<b>Nº de frutos y fecha 1er fruto</b>	No se observan frutos.	Nº frutos por racimo: 7
<b>Nº total de hojas dañadas</b>	9	3 – 6 hojas
<b>Otras observaciones</b>	El descenso de la línea azul () se debe al corte de hojas dañadas.	El corte de hojas afecta en algunos casos la altura de la planta.

**PLANTA 12 NIVEL 3**



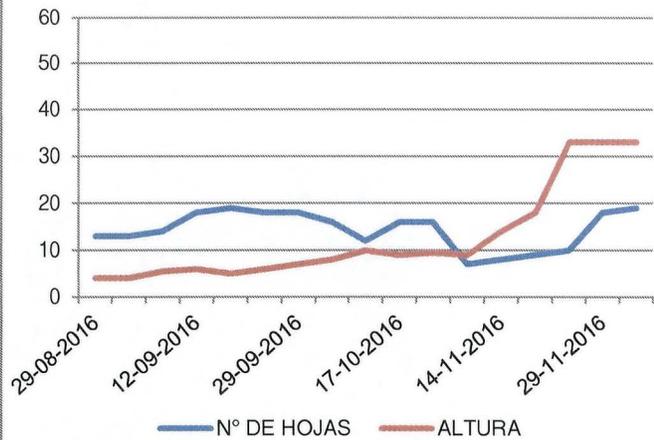
<b>Margen nº de peciolos</b>	8 – 19 peciolos.	
<b>Margen altura</b>	9 – 60 cm.	180 – 210 cm.
<b>Nº de frutos y fecha 1er fruto</b>	22-12-2016 surgimiento de primeras flores. 30-12-2016 se observan 5 flores	Nº frutos por racimo: 7
<b>Nº total de hojas dañadas</b>	19	3 – 6 hojas
<b>Otras observaciones</b>	El descenso de la línea azul () se debe al corte de hojas dañadas.	El corte de hojas afecta en algunos casos la altura de la planta.

2. Registro semanal de evaluaciones de campo de la plantas de acelga del NIVEL 1 y 2 (altura 40 y 80 cm respectivamente):

NIVEL 1 (40 cm de altura): PLANTAS DE ACELGA		
Gráficos	Registros	Resultados esperados
<p><b>PLANTA 1 NIVEL 1</b></p> <p>— N° DE HOJAS — ALTURA</p>	<p><b>Margen n° de hojas</b></p> <p>8 – 32 hojas.</p>	<p>6 – 12 hojas.</p>
	<p><b>Margen altura</b></p> <p>5,5 – 32 cm.</p>	<p>15 – 20 cm.</p>
	<p><b>N° total de hojas dañadas</b></p> <p>7</p>	<p>3 – 6 hojas.</p>
	<p><b>Otras observaciones</b></p>	
<p><b>PLANTA 2 NIVEL 1</b></p> <p>— N° DE HOJAS — ALTURA</p>	<p><b>Margen n° de hojas</b></p> <p>7 – 23 hojas.</p>	<p>6 – 12 hojas.</p>
	<p><b>Margen altura</b></p> <p>4,5 – 22 cm.</p>	<p>15 – 20 cm.</p>
	<p><b>N° total de hojas dañadas</b></p> <p>7</p>	<p>3 – 6 hojas.</p>
	<p><b>Otras observaciones</b></p>	

<p style="text-align: center;"><b>PLANTA 3 NIVEL 1</b></p> <p style="text-align: center;">— N° DE HOJAS    — ALTURA</p>	<p><b>Margen n° de hojas</b></p>	<p>14 – 53 hojas.</p>	<p>6 – 12 hojas.</p>
	<p><b>Margen altura</b></p>	<p>4 – 32 cm.</p>	<p>15 – 20 cm.</p>
	<p><b>N° total de hojas dañadas</b></p>	<p>10</p>	<p>3 – 6 hojas.</p>
	<p><b>Otras observaciones</b></p>		
<p style="text-align: center;"><b>PLANTA 4 NIVEL 1</b></p> <p style="text-align: center;">— N° DE HOJAS    — ALTURA</p>	<p><b>Margen n° de hojas</b></p>	<p>18 – 56 hojas.</p>	<p>6 – 12 hojas.</p>
	<p><b>Margen altura</b></p>	<p>4,5 – 28 cm.</p>	<p>15 – 20 cm.</p>
	<p><b>N° total de hojas dañadas</b></p>	<p>14</p>	<p>3 – 6 hojas.</p>
	<p><b>Otras observaciones</b></p>		

**PLANTA 5 NIVEL 1**



**Margen nº de hojas**

13 – 19 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

4 – 33 cm.

15 – 20 cm.

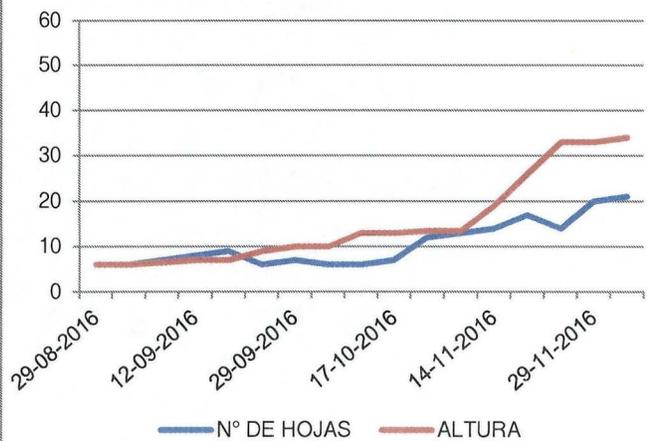
**Nº total de hojas dañadas**

16

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

**PLANTA 6 NIVEL 1**



**Margen nº de hojas**

6 – 21 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

6 – 34 cm.

15 – 20 cm.

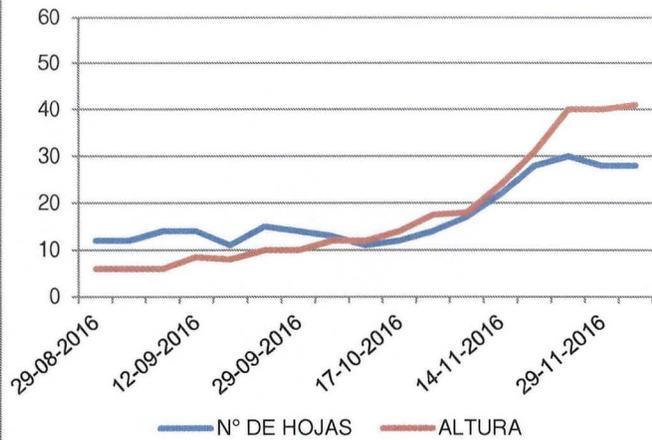
**Nº total de hojas dañadas**

7

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

**PLANTA 7 NIVEL 1**



**Margen nº de hojas**

12 – 30 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

6 – 41 cm.

15 – 20 cm.

**Nº total de hojas dañadas**

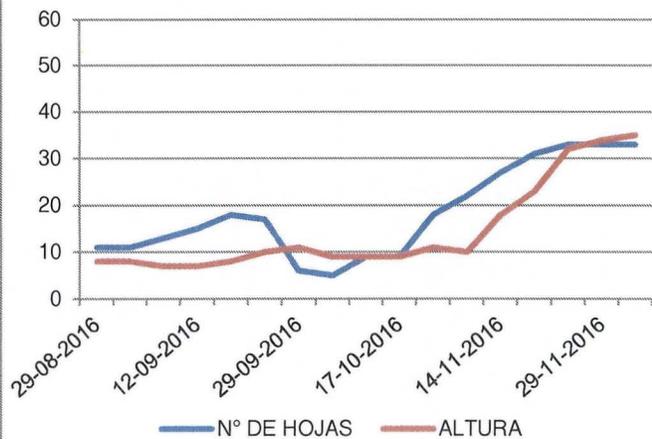
9

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

El descenso de la línea azul se debe al corte de hojas dañadas.

**PLANTA 8 NIVEL 1**



**Margen nº de hojas**

11 – 33 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

8 – 35 cm.

15 – 20 cm.

**Nº total de hojas dañadas**

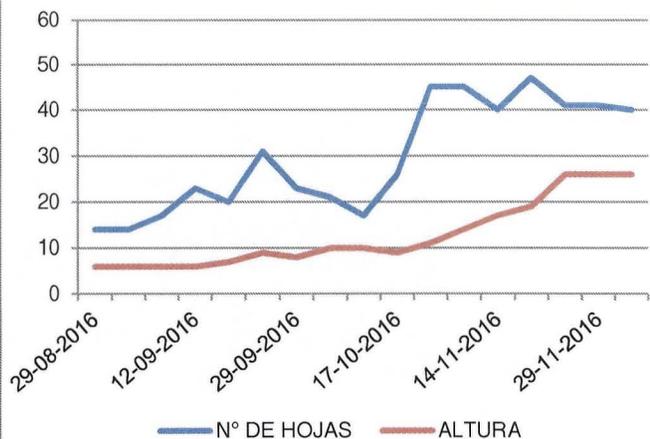
13

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

El descenso de la línea azul se debe al corte de hojas dañadas.

**PLANTA 9 NIVEL 1**



**Margen n° de hojas**

14 – 40 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

6 – 26 cm.

15 – 20 cm.

**N° total de hojas dañadas**

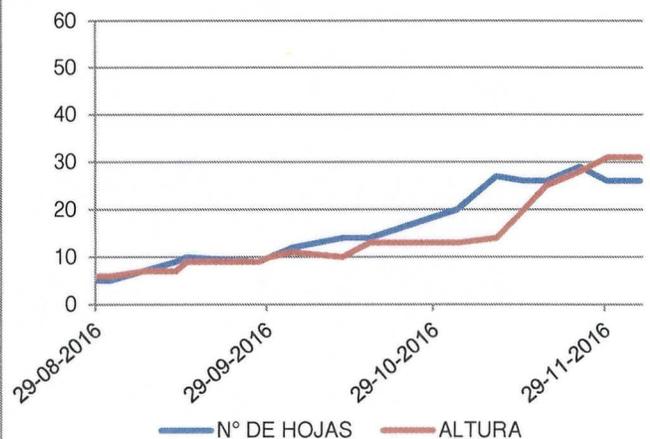
29

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

El descenso de la línea azul se debe al corte de hojas dañadas.

**PLANTA 10 NIVEL 1**



**Margen n° de hojas**

5 – 26 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

6 – 31 cm.

15 – 20 cm.

**N° total de hojas dañadas**

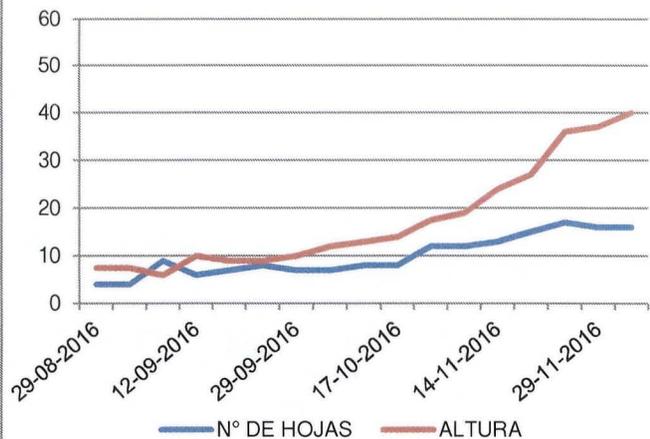
5

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

El descenso de la línea azul se debe al corte de hojas dañadas.

**PLANTA 11 NIVEL 1**



**Margen nº de hojas**

4 – 16 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

7,5 – 40 cm.

15 – 20 cm.

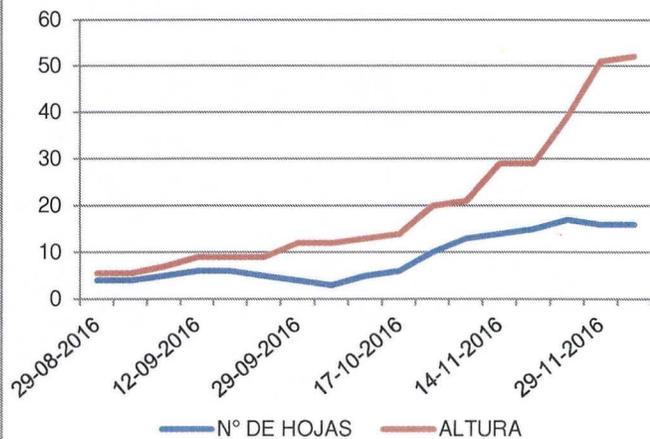
**Nº total de hojas dañadas**

5

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

**PLANTA 12 NIVEL 1**



**Margen nº de hojas**

4 – 16 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

5,5 – 52 cm.

15 – 20 cm.

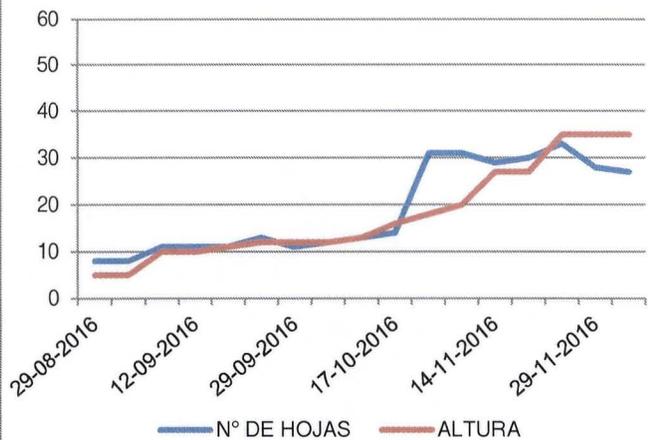
**Nº total de hojas dañadas**

4

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

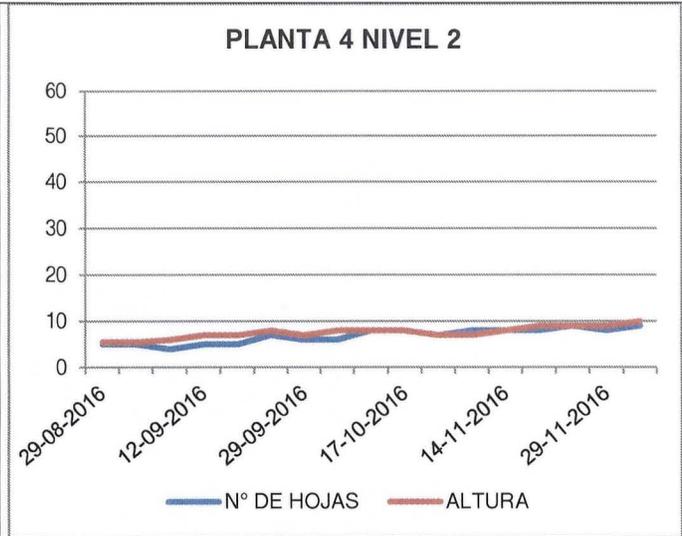
**PLANTA 13 NIVEL 1**



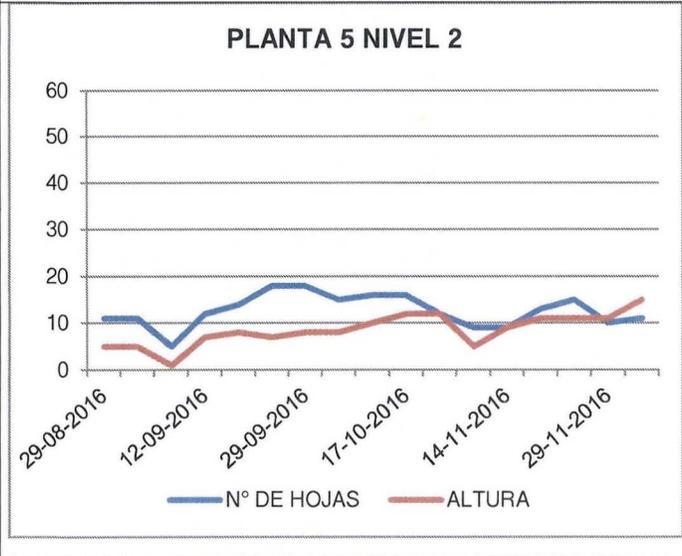
<b>Margen nº de hojas</b>	8 – 33 hojas.	6 – 12 hojas.
<b>Margen altura</b>	5 – 35 cm.	15 – 20 cm.
<b>Nº total de hojas dañadas</b>	10	3 – 6 hojas.
<b>Otras observaciones</b>	El descenso de la línea azul se debe al corte de hojas dañadas.	

**NIVEL 2 (80 cm de altura): PLANTAS DE ACELGA**

Gráficos	Registros		Resultados esperados
<p align="center"><b>PLANTA 1 NIVEL 2</b></p> <p align="center">— N° DE HOJAS — ALTURA</p>	<b>Margen n° de hojas</b>	4 – 16 hojas.	6 – 12 hojas.
	<b>Margen altura</b>	7 – 34 cm.	15 – 20 cm.
	<b>N° total de hojas dañadas</b>	1	3 – 6 hojas.
	<b>Otras observaciones</b>		
<p align="center"><b>PLANTA 2 NIVEL 2</b></p> <p align="center">— N° DE HOJAS — ALTURA</p>	<b>Margen n° de hojas</b>	8 – 18 hojas.	6 – 12 hojas.
	<b>Margen altura</b>	5 – 25 cm.	15 – 20 cm.
	<b>N° total de hojas dañadas</b>	9	3 – 6 hojas.
	<b>Otras observaciones</b>		

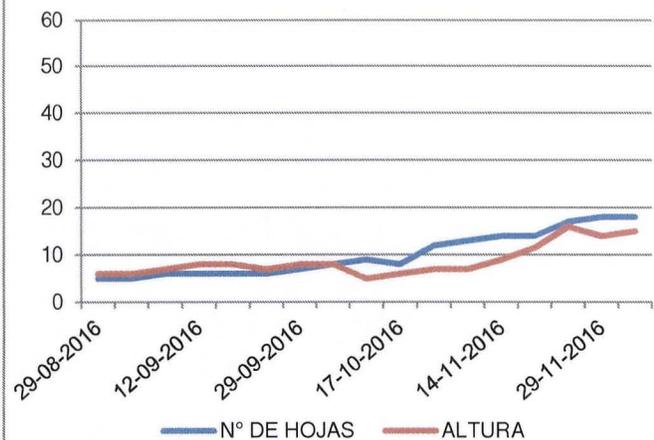


<b>Margen n° de hojas</b>	5 – 9 hojas.	6 – 12 hojas.
<b>Margen altura</b>	5,5 – 10 cm.	15 – 20 cm.
<b>N° total de hojas dañadas</b>	4	3 – 6 hojas.
<b>Otras observaciones</b>		



<b>Margen n° de hojas</b>	11 – 18 hojas.	6 – 12 hojas.
<b>Margen altura</b>	5 – 15 cm.	15 – 20 cm.
<b>N° total de hojas dañadas</b>	21	3 – 6 hojas.
<b>Otras observaciones</b>		

**PLANTA 6 NIVEL 2**



**Margen nº de hojas**

5 – 18 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

6 – 16 cm.

15 – 20 cm.

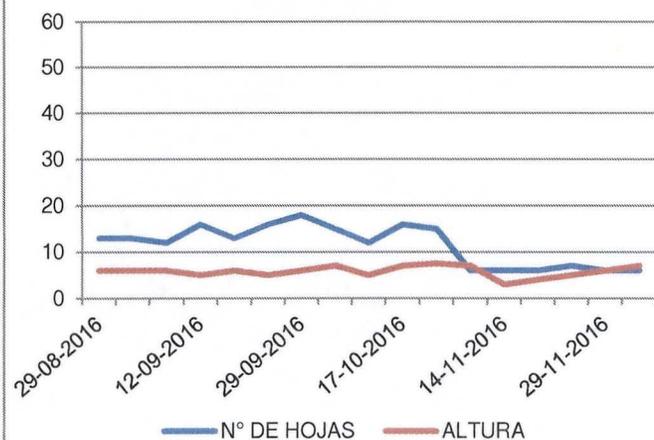
**Nº total de hojas dañadas**

1

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

**PLANTA 7 NIVEL 2**



**Margen nº de hojas**

6 – 13 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

6 – 7 cm.

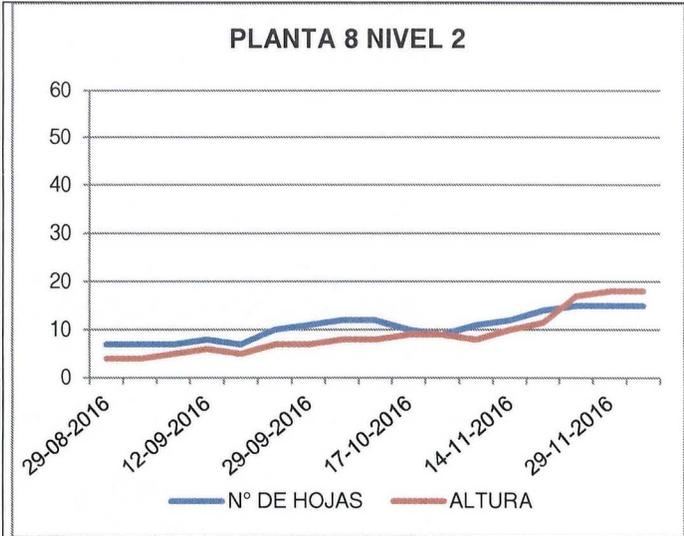
15 – 20 cm.

**Nº total de hojas dañadas**

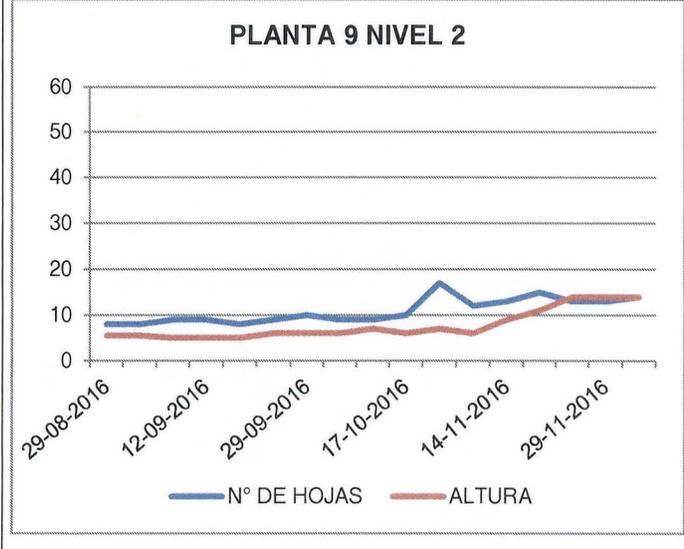
21

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

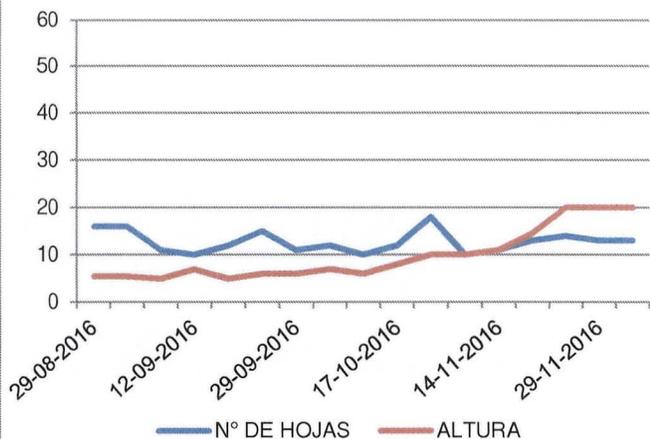


<b>Margen n° de hojas</b>	7 – 15 hojas.	6 – 12 hojas.
<b>Margen altura</b>	4 – 18 cm.	15 – 20 cm.
<b>N° total de hojas dañadas</b>	4	3 – 6 hojas.
<b>Otras observaciones</b>		



<b>Margen n° de hojas</b>	8 – 14 hojas.	6 – 12 hojas.
<b>Margen altura</b>	5,5 – 14 cm.	15 – 20 cm.
<b>N° total de hojas dañadas</b>	9	3 – 6 hojas.
<b>Otras observaciones</b>		

**PLANTA 10 NIVEL 2**



**Margen n° de hojas**

10 – 16 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

5,5 – 20 cm.

15 – 20 cm.

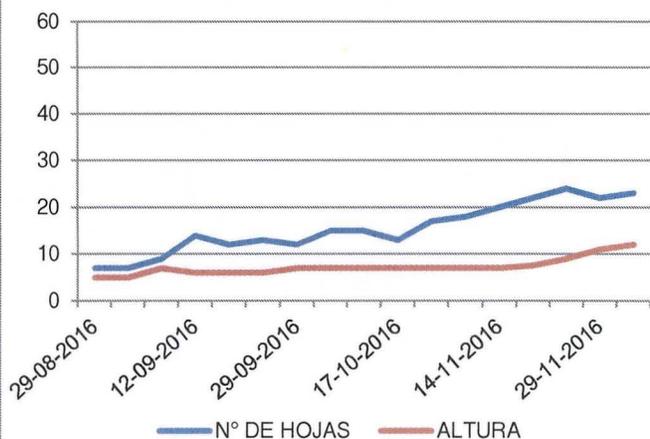
**N° total de hojas dañadas**

21

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

**PLANTA 11 NIVEL 2**



**Margen n° de hojas**

7 – 23 hojas

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

5 – 12 cm.

15 – 20 cm.

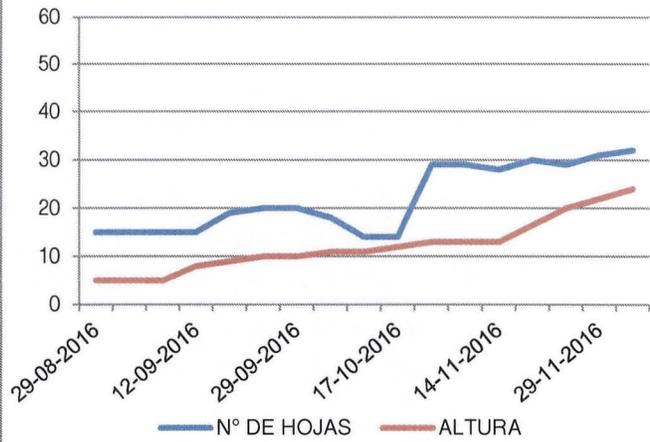
**N° total de hojas dañadas**

7

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

**PLANTA 12 NIVEL 2**



**Margen n° de hojas**

15 – 32 hojas.

6 – 12 hojas.

**Margen altura**

5 – 24 cm.

15 – 20 cm.

**N° total de hojas dañadas**

8

3 – 6 hojas.

**Otras observaciones**

## **Anexo 5**

Registro de la variación de los parámetros del sustrato

Anexo 5: Registros de la variación de parámetros del sustrato

1. Datos detallados de la variación de parámetros de la terraza de acelgas, con los cuales se generaron los gráficos presentados en el informe técnico final. (Gráficos 6, 7, 8, 9 y 10; Tabla 6)

TERRAZA DE ACELGAS									
TIEMPO	NIVEL 1			NIVEL 2			NIVEL 3		
	HUMEDAD	CE	T°	HUMEDAD	CE	T°	HUMEDAD	CE	T°
<b>29-08-2016</b>	50,00	1,78	24,46	38,78	0,55	24,15	25,11	0,65	23,01
<b>31-08-2016</b>	46,25	1,61	24,50	37,01	0,72	26,59	28,14	0,75	23,45
<b>12-09-2016</b>	45,99	1,52	22,73	37,53	0,63	24,81	24,16	0,44	21,81
<b>20-09-2016</b>	47,46	1,38	24,56	37,06	0,39	25,93	25,15	0,34	25,60
<b>23-09-2016</b>	50,00	1,99	24,69	37,29	0,47	26,16	25,09	0,10	22,73
<b>26-09-2016</b>	50,00	2,40	24,76	27,68	0,47	24,18	20,05	0,37	22,30
<b>29-09-2016</b>	49,86	2,08	22,33	24,49	0,39	23,88	25,83	0,27	22,95
<b>03-10-2016</b>	50,00	2,38	22,73	28,59	0,39	24,01	23,91	0,22	23,74
<b>12-10-2016</b>	50,00	3,00	23,46	28,00	0,40	24,85	22,43	0,23	23,81
<b>18-10-2016</b>	50,00	4,44	26,11	22,48	0,33	25,64	17,98	0,15	23,58
<b>24-10-2016</b>	50,00	4,87	27,61	22,84	0,31	27,91	18,39	0,17	24,45
<b>02-11-2016</b>	50,00	6,28	25,91	21,09	0,38	24,21	15,18	0,17	22,46
<b>07-11-2016</b>	50,00	7,00	27,41	25,19	0,30	26,60	17,94	0,11	26,81
<b>09-11-2016</b>	50,00	2,33	24,35	26,74	0,30	24,86	20,64	0,28	25,58
<b>17-11-2016</b>	50,00	4,39	24,34	35,33	0,52	24,95	17,04	0,19	22,36
<b>24-11-2016</b>	50,00	3,58	22,35	40,89	0,55	23,68	16,90	0,22	22,59
<b>29-11-2016</b>	50,00	6,38	24,93	44,00	0,58	24,99	23,38	0,23	23,09
<b>Valor mínimo</b>	<b>45,99</b>	<b>1,38</b>	<b>21,43</b>	<b>21,09</b>	<b>0,30</b>	<b>23,68</b>	<b>15,18</b>	<b>0,10</b>	<b>20,70</b>
<b>Valor máximo</b>	<b>50,00</b>	<b>7,00</b>	<b>30,13</b>	<b>44,00</b>	<b>0,72</b>	<b>31,00</b>	<b>28,14</b>	<b>0,75</b>	<b>27,44</b>
<b>Promedio</b>	<b>49,48</b>	<b>3,44</b>	<b>24,84</b>	<b>31,58</b>	<b>0,46</b>	<b>25,54</b>	<b>21,57</b>	<b>0,28</b>	<b>23,71</b>

2. Datos detallados de la variación de parámetros de la terraza de tomates cherry, con los cuales se generaron los gráficos presentados en el informe técnico final. (Gráficos 11, 12, 13, 14 y 15; Tabla 7)

TERRAZA DE TOMATES CHERRY									
NIVEL 1				NIVEL 2			NIVEL 3		
TIEMPO	HUMEDAD	CE	T°	HUMEDAD	CE	T°	HUMEDAD	CE	T°
<b>29-08-2016</b>	50,00	1,64	23,86	40,21	0,97	25,48	22,73	0,36	31,01
<b>31-08-2016</b>	47,34	1,77	24,25	46,74	0,97	25,95	17,14	0,36	29,43
<b>12-09-2016</b>	49,48	1,87	22,79	42,03	0,92	24,66	14,23	0,11	21,40
<b>20-09-2016</b>	50,00	1,98	24,13	37,85	0,57	26,08	14,69	0,16	23,00
<b>23-09-2016</b>	50,00	2,36	25,69	33,49	0,60	26,54	14,50	0,10	22,73
<b>26-09-2016</b>	50,00	2,46	24,46	34,00	0,62	25,38	13,63	0,08	21,59
<b>29-09-2016</b>	50,00	2,47	22,64	36,34	0,52	24,71	14,61	0,10	21,08
<b>03-10-2016</b>	50,00	2,48	23,18	33,79	0,55	24,19	14,34	0,10	21,33
<b>12-10-2016</b>	50,00	4,03	24,50	35,78	0,49	25,80	12,83	0,08	23,50
<b>18-10-2016</b>	36,76	0,65	25,58	12,03	0,04	26,64	12,63	0,11	23,74
<b>24-10-2016</b>	46,70	1,20	24,51	17,95	0,31	26,80	12,26	0,10	25,73
<b>02-11-2016</b>	46,88	2,12	26,21	19,04	0,26	24,84	11,95	0,05	23,83
<b>07-11-2016</b>	50,00	3,69	26,55	19,60	0,33	30,29	11,26	0,17	29,39
<b>09-11-2016</b>	50,00	4,91	25,55	25,55	0,47	25,93	13,90	0,15	27,48
<b>17-11-2016</b>	50,00	2,64	25,05	25,55	0,77	31,41	11,00	0,07	27,10
<b>24-11-2016</b>	50,00	2,32	22,35	35,15	0,69	23,30	9,71	0,05	23,75
<b>29-11-2016</b>	50,00	2,11	24,00	40,00	0,48	24,08	9,86	0,04	23,85
<b>Valor mínimo</b>	<b>11,68</b>	<b>0,14</b>	<b>20,63</b>	<b>10,63</b>	<b>0,02</b>	<b>22,55</b>	<b>9,71</b>	<b>0,04</b>	<b>20,26</b>
<b>Valor máximo</b>	<b>50,00</b>	<b>4,91</b>	<b>27,95</b>	<b>46,74</b>	<b>0,97</b>	<b>31,81</b>	<b>22,73</b>	<b>0,36</b>	<b>31,01</b>
<b>Promedio</b>	<b>46,80</b>	<b>2,27</b>	<b>24,58</b>	<b>30,94</b>	<b>0,55</b>	<b>26,31</b>	<b>13,45</b>	<b>0,12</b>	<b>24,75</b>

## **Anexo 6**

Informe del análisis foliar de las plantas de acelga



*Laboquim Terra Ltda.*  
LABORATORIO DE ANALISIS Y ASESORIAS AGRICOLAS

## SERVICIO DE ANALISIS FOLIAR

INFORME DE ENSAYO N°26535/1 V1 R-TE-F-40

NOMBRE CLIENTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE  
DIRECCIÓN CLIENTE: AV. ANGAMOS N°0610 ANTOFAGASTA  
ESPECIE : ACELGA VARIEDAD:  
IDENTIF. MUESTRA : ACELGA  
Fecha Ingreso : 16.12.2016  
Fecha Egreso : 23.12.2016  
Fecha de ensayo : 16.12.2016  
No. LABORATORIO : F-36515-R-TE-78

### RESULTADOS

PARAMETROS	CONTENIDO	EXPRESION	METODOLOGIA
Nitrógeno(*)	4,95	(%)	Método Kjeldalh
Fósforo	0,38	(%)	Método 5.8.1
Potasio	5,21	(%)	Método 5.13.1
Calcio	0,51	(%)	Método 5.4.1
Magnesio	0,78	(%)	Método 5.10.1
Cobre	17,2	(mg/Kg)	Método 5.7.1
Zinc	49,2	(mg/Kg)	Método 5.5.1
Manganeso	49,4	(mg/Kg)	Método 5.11.1
Hierro	106	(mg/Kg)	Método 5.9.1
Boro	35,2	(mg/Kg)	Método 5.3.1
Sodio	4,168	(%)	Método 5.14.1

OBSERVACIONES:

mg/Kg = ppm

Método de preparación de la muestra: Secado y molienda: CNA, Método 1.1, Rev. 2007.

Calcinación en mufla a 500°C: CNA, Método 2.1, Rev. 2007, excepto (\*).

REFERENCIA: METODOS DE ANALISIS DE TEJIDOS VEGETALES, REV. 2007 SERIE ACTAS INIA - N°40

\*Referencia: Métodos de Análisis Recomendados para los suelos de Chile Revision 2006.

Serie Actas Inia-N°34.



  
Ana Maria Caltagirone Silva  
Químico Laboratorista  
Jefe de Laboratorio

OBSERVACIONES:

- 1.- Los resultados se refieren únicamente a los ítems ensayados.
- 2.- El informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del laboratorio
- 3.- Este informe de ensayo no puede ser usado en ningún tipo de litigio
- 4.- El Laboratorio no se responsabiliza por la representatividad del material entregado.

AMCS/prs

Página 1 de 1  
Rev.00

## **Anexo 7**

Rendimiento del cultivo de acelgas

Anexo 7: Rendimiento expresado en kg/m<sup>2</sup> en cada nivel del cultivo de acelgas.

<b>Nivel 1</b>			
<b>N° de la planta</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Rendimiento (kg/m<sup>2</sup>)</b>
1	151,46	0,15146	0,1262
2*	-	-	-
3	167,61	0,16761	0,1396
4	118,91	0,11891	0,0991
5*	-	-	-
6	137,4	0,1374	0,1145
7	178,76	0,17876	0,1490
8	153,11	0,15311	0,12759
9*	-	-	-
10	125,71	0,12571	0,1048
11	159,63	0,15963	0,1330
12	225,86	0,22586	0,1882
13	178,67	0,17867	0,1489
<b>Rendimiento total (kg/m<sup>2</sup>)</b>			<b>1,3309</b>
<b>Promedio de kg/planta</b>			<b>0,16</b>
<b>Rendimiento esperados (según plan operativo)</b>			<b>4 – 6 kg/m<sup>2</sup> 0,3 – 0,5 kg/planta</b>

\*Plantas muertas

<b>Nivel 2</b>			
<b>N° de la planta</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Rendimiento (kg/m<sup>2</sup>)</b>
1	104,86	0,10486	0,087383333
2	20,52	0,02052	0,0171
3*	-	-	-
4*	-	-	-
5	8,13	0,00813	0,006775
6	18,67	0,01867	0,015583333
7*	-	-	-
8	29,28	0,02928	0,0244
9	5,71	0,00571	0,004758333
10	31,98	0,03198	0,02665
11	8,97	0,00897	0,007475
12	54,7	0,0547	0,045583333
13*	-	-	-
<b>Rendimiento total (kg/m<sup>2</sup>)</b>			<b>0,235683333</b>
<b>Promedio de kg/planta</b>			<b>0,0314</b>
<b>Rendimiento esperados (según plan operativo)</b>			<b>4 – 6 kg/m<sup>2</sup> 0,3 – 0,5 kg/planta</b>

\*Plantas muertas

## **Anexo 8**

Informes de análisis proximal, fibra dietética y de minerales de las acelgas



### INFORME ANÁLISIS N° 13317-1216

CLIENTE	: UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE
DIRECCIÓN CLIENTE	: AVENIDA ANGAMOS N°0610, ANTOFAGASTA
ENVIADO POR	: ALEXANDRA ASTORGA SÁNCHEZ
FECHA DE INGRESO	: 15-12-2016
TEMPERATURA DE RECEPCIÓN	: 22,4 °C
TIPO DE MUESTRA	: ACELGA
N° DE SERIE / IDENTIFICACIÓN	: TERRAZAS DE CULTIVO CON AGUA DE MAR (NIVEL 1)
FECHA DE ELABORACIÓN	: NO ESPECIFICADO
FECHA DE VENCIMIENTO	: NO ESPECIFICADO
MUESTREO POR	: CLIENTE
FECHA DE MUESTREO	: NO ESPECIFICADO
ANÁLISIS SOLICITADOS	: FIBRA DIETÉTICA TOTAL, PROXIMAL
IDENTIFICACIÓN MUESTRA	: 13317

Resultados	100 g	
Humedad (g)	83,8	<i>Iniciado: 19-12-2016 / Terminado: 21-12-2016</i>
Cenizas (g)	4,6	<i>Iniciado: 19-12-2016 / Terminado: 22-12-2016</i>
Grasa Total (g)	0,2	<i>Iniciado: 22-12-2016 / Terminado: 22-12-2016</i>
Proteínas (g) <sup>(1)</sup>	4,4	<i>Iniciado: 22-12-2016 / Terminado: 22-12-2016</i>
Fibra Dietética Total (g)	5,0	<i>Iniciado: 26-12-2016 / Terminado: 28-12-2016</i>
Hidratos de Carbono disponibles (g)	2,0	
Energía (kcal)	27	

#### Notas

Nota <sup>(1)</sup> Factor de conversión de nitrógeno a proteína utilizado 6,25

## Métodos

Humedad (**)	Método Gravimétrico. NCh841.Of 78. Según LCA-PRE-011.
Cenizas totales (**)	Método Gravimétrico. NCh842.Of78. Según LCA-PRE-002
Proteínas (*)	Método Kjeldhal. Basado en Instituto de Salud Publica ME-711.02-173 año 2014 Según LCA-PRE-006
Grasa Total (**)	Método Extracción por solvente. AOAC Official Method 2003.06. Según LCA-PRE-007
Fibra Dietética Total (*)	Método enzimático-gravimétrico. AOAC Official Method 985.29. Según LCA-PRE-001
Hidratos de Carbono Disponibles	Obtenido por diferencia entre 100 menos el aporte de Humedad, Cenizas, Proteínas, Grasa total.
Energía	Factores de Atwater 4, 9, y 4 para Proteínas, Grasas Totales y Carbohidratos respectivamente



*M. Abarca B.*

María Andrea Abarca B.  
Jefe de Laboratorio

Código de Verificación  
B1C5 BBB6 FF4D 0332

(\*) Método de Ensayo en el Área Química para Alimentos Acreditado en el Sistema Nacional de Acreditación del INN, según Norma NCh-ISO 17025.Of 2005.

(\*\*) Método fuera del alcance de acreditación según norma NCh-ISO 17025. Of 2005.

Los resultados son válidos sólo para la muestra analizada y suministrada por el cliente. Se autoriza sólo el uso técnico de estos resultados, cualquier otro uso debe ser convenido con el INTA. En caso que el cliente requiera una repetición del análisis o análisis adicional, deberá emitir una nueva orden de servicio. La muestra será descartada después de 60 días a partir de la fecha de recepción. Este informe es válido con el sello de agua y la firma respectiva.



INFORME ANÁLISIS N° 13316-1216

CLIENTE	: UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE
DIRECCIÓN CLIENTE	: AVENIDA ANGAMOS N°0610, ANTOFAGASTA
ENVIADO POR	: ALEXANDRA ASTORGA SÁNCHEZ
FECHA DE INGRESO	: 15-12-2016
TEMPERATURA DE RECEPCIÓN	: 22,4 °C
TIPO DE MUESTRA	: ACELGA
N° DE SERIE / IDENTIFICACIÓN	: TERRAZAS DE CULTIVO CON AGUA DE MAR (NIVEL 1)
FECHA DE ELABORACIÓN	: NO ESPECIFICADO
FECHA DE VENCIMIENTO	: NO ESPECIFICADO
MUESTREO POR	: CLIENTE
FECHA DE MUESTREO	: NO ESPECIFICADO
ANÁLISIS SOLICITADOS	: SODIO, CALCIO, COBRE, HIERRO, MANGANESO, MAGNESIO, ZINC, POTASIO, FÓSFORO, ALUMINIO
IDENTIFICACIÓN MUESTRA	: 13316

Resultados	100 g	
Sodio (mg)	786	<i>Iniciado: 27-12-2016 / Terminado: 27-12-2016</i>
Calcio (mg)	127	<i>Iniciado: 28-12-2016 / Terminado: 28-12-2016</i>
Cobre (mg)	0,4	<i>Iniciado: 26-12-2016 / Terminado: 26-12-2016</i>
Hierro (mg)	10	<i>Iniciado: 26-12-2016 / Terminado: 26-12-2016</i>
Manganeso (mg)	1,0	<i>Iniciado: 26-12-2016 / Terminado: 26-12-2016</i>
Magnesio (mg)	135	<i>Iniciado: 27-12-2016 / Terminado: 27-12-2016</i>
Zinc (mg)	1,4	<i>Iniciado: 26-12-2016 / Terminado: 26-12-2016</i>
Potasio (mg)	1.134	<i>Iniciado: 28-12-2016 / Terminado: 28-12-2016</i>
Fósforo (mg)	62	<i>Iniciado: 23-12-2016 / Terminado: 23-12-2016</i>
Aluminio (ppm)	13	<i>Iniciado: 26-12-2016 / Terminado: 26-12-2016</i>

## Métodos

Fósforo

Método Espectrofotométrico de Absorción Molecular Visible.  
Basado AOAC Official Method 986.24 y 970.39.  
Según LCA-PRE-026

Calcio, Sodio, Cobre, Hierro, Manganeseo,  
Magnesio, Zinc, Potasio, Aluminio (\*\*)

Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica.  
AOAC Official Method 985.35.  
Según LCA-PRE-010



  
María Andrea Abarca B.  
Jefe de Laboratorio

Código de Verificación  
0B19 2549 7D7E B988

(\*) Método de Ensayo en el Área Química para Alimentos Acreditado en el Sistema Nacional de Acreditación del INN, según Norma NCh-ISO 17025.Of 2005.

(\*\*) Método fuera del alcance de acreditación según norma NCh-ISO 17025. Of 2005.

Los resultados son válidos sólo para la muestra analizada y suministrada por el cliente. Se autoriza sólo el uso técnico de estos resultados, cualquier otro uso debe ser convenido con el INTA. En caso que el cliente requiera una repetición del análisis o análisis adicional, deberá emitir una nueva orden de servicio. La muestra será descartada después de 60 días a partir de la fecha de recepción. Este informe es válido con el sello de agua y la firma respectiva.

## **Anexo 9**

Rangos de suficiencia de nutrientes

## Anexo 9: Rango de suficiencia de nutrientes.

Rango de suficiencia de nutrientes en tomate y acelga (cultivo de hoja)

Cultivo		N	S	P	K	Mg	Ca	Na	B	Zn	Mn	Fe	Cu	Al
		Porcentaje %								Partes por millón (ppm)				
Girasol	Desde	3.4	0.25	0.26	2.5	0.37	1.1	0.01	25	20	50	60	6	50
	Hasta	4	0.35	0.35	3.2	0.9	1.5	0.02	40	35	100	200	10	100
Trigo	Desde	4	0.2	0.24	2	0.2	0.28	0.01	6	22	32	36	6	20
	Hasta	5	0.3	0.36	3	0.3	0.42	0.03	10	34	48	54	10	300
Esparrago	Desde	2.4	0.25	0.3	1.5	0.15	0.4	0.01	25	20	10	50	10	20
	Hasta	3.8	0.5	0.75	2.4	0.5	1	0.1	75	60	180	300	50	200
Frijol	Desde	3.6	0.25	0.3	2	0.35	1	0.01	25	35	50	50	8	20
	Hasta	6	0.7	0.7	4	1	3	0.05	70	60	100	200	30	250
Apio	Desde	3	0.6	0.4	4	0.3	1.5	0.01	25	30	50	60	8	20
	Hasta	4.8	1.2	0.8	6	0.5	4	0.25	50	80	150	200	20	300
Pepino	Desde	3.5	0.3	0.3	2.5	0.6	1.25	0.01	25	30	50	50	10	20
	Hasta	5.5	1	0.7	6	1.5	5	0.2	80	70	200	200	25	200
<b>Cultivo de hoja</b>	<b>Desde</b>	<b>3.5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>3.5</b>	<b>0.3</b>	<b>1.25</b>	<b>0.01</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>60</b>	<b>6</b>	<b>50</b>
	<b>Hasta</b>	<b>6</b>	<b>0.75</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>2.5</b>	<b>0.2</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>200</b>	<b>20</b>	<b>150</b>
Melones	Desde	2	0.3	0.2	2.5	0.5	2	0.01	25	20	50	60	5	20
	Hasta	6	1	0.8	5	1	3.5	0.2	75	80	100	120	20	150
Pimiento	Desde	3	0.3	0.4	4	0.5	0.75	0.01	30	30	60	100	15	50
	Hasta	6	0.6	0.8	6.5	1	2.5	0.5	75	60	200	250	50	200
Papa	Desde	4	0.25	0.3	3.5	0.5	0.7	0.01	25	30	60	100	10	50
	Hasta	6	0.5	0.7	6.5	1.1	2	0.15	60	70	200	200	25	250
Cultivo raíz	Desde	3.5	0.3	0.25	3	0.25	1.5	0.01	20	25	50	75	5	20
	Hasta	6	0.75	0.8	7	1	4	0.2	80	60	200	250	20	300
<b>Tomate</b>	<b>Desde</b>	<b>3</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>	<b>2.5</b>	<b>0.5</b>	<b>2</b>	<b>0.01</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>8</b>	<b>20</b>
	<b>Hasta</b>	<b>6</b>	<b>0.9</b>		<b>5</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0.1</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>200</b>	<b>20</b>	<b>200</b>

Fuente: Informe "Análisis Foliare" realizado por Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V. 2011

## **Anexo 10**

Rangos de composición química de las plantas

Anexo 10: Composiciones química de acelga y tomate

Composición química Acelga en base a una porción de 100 grs		
Componente	Unidades	Contenido
Agua	g	92.66
Proteína	g	1.8
Fibra	g	1.6
Cenizas	g	1.6
Lípidos	g	0.2
Carbohidratos	g	2.14
Azúcares	g	1.1
Energía	Kcal	18
Sodio	mg	213
Potasio	mg	379
Calcio	mg	51
Fosforo	mg	46
Hierro	mg	1.8
Magnesio	mg	81
Vitamina A	IU	6116
Vitamina C	mg	30
Cobre	mg	0.179
Zinc	mg	0.36

Fuente: USDA, Release 22 (2009)

## Composición química del Tomate

<b>Componente</b>	<b>Unidades</b>	<b>Contenido</b>
Calorías	-	21
Agua	g	94.3
Carbohidratos	g	3.3
Grasas	g	0.1
Proteínas	g	0.9
Fibra	g	0.8
Cenizas	g	0.6
Sodio	mg	9
Calcio	mg	7
Fosforo	mg	19
Hierro	mg	0.7
Vitamina A	UI	1100
Tiamina	mg	0.05
Riboflavina	mg	0.02
Niacina	mg	0.6
Ácido ascórbico	mg	20

Fuente: FAO 2006.

Valores de referencia diarios para adultos, adolescentes, y niños mayores de 4 años, utilizados en etiquetado en Chile

	Valores de referencia*	Unidad
Grasa total <sup>1</sup>	77	g
Ac. Grasos saturados <sup>2</sup>	25	g
Colesterol, máximo	300	mg
Sodio, máximo	2400	mg
Potasio, máximo	3500	mg
Hidratos de carbono disponible <sup>3</sup>	351	
Fibra dietética, mínimo	25	g

<sup>1</sup> máximo 30% de las calorías totales, utilizando base de 2300 kcal

<sup>2</sup> máximos 10% de calorías totales, utilizando como base 2300 kcal

<sup>3</sup> considerando 61% de las calorías totales, utilizando como base 2300 kcal

Valores de referencia de Codex Alimentarius

\*Valores adaptados del FDA

Descriptores nutricionales para energía, sodio, azúcares, grasas y colesterol.

Calorías				
Libre	Bajo aporte	Liviano	Reducido	
Una porción de consumo habitual ♦ del alimento aporta menos de 5 kcal.	Una porción del alimento aporta un máximo de 40 kcal.  Para productos alimenticios que se consumen habitualmente hidratados cuya porción de es ≤ a 30 g para usar este descriptor se considerará la porción reconstituida	El alimento contiene: a) 1/3 menos de calorías por porción que el alimento habitual, cuando éste contiene menos del 50% de calorías provenientes de las grasas que el alimento de referencia.  En alimentos que el 50% o más de las calorías provienen de la grasa, éstas deberán reducirse al menos en un 50%	Se ha reducido en 25% o más el aporte de calorías con respecto al alimento de referencia.	
Sodio				
Libre	Muy Bajo	Bajo	Liviano	Reducido
Una porción del alimento aporta menos de 5 mg	Contiene un máximo de 35 mg de sodio por porción. Cuando la porción es pequeña contiene esta cantidad por cada 50 g del alimento.	Una porción del alimento aporta un máximo de 140 mg. Si la porción es menor a 30 g., por cada 50 g. de alimento el producto contiene un máximo de 140 mg de sodio.	El alimento contiene 50% menos del aporte de sodio del alimento habitual, con respecto al alimento de referencia.	Se ha reducido en 25% o más el aporte de sodio con respecto al alimento de referencia.

<b>Azúcar</b>			
<b>Libre</b>	<b>Liviano</b>	<b>Reducido</b>	
Una porción del alimento aporta menos de 0.5 gramos.	El alimento contiene 50% menos del aporte de azúcares simples del alimento habitual con respecto al alimento de referencia.	Se ha reducido en 25% o más el aporte de azúcares simples con respecto al alimento normal de referencia.	
<b>Grasa Total</b>			
<b>Libre</b>	<b>Bajo aporte</b>	<b>Liviano</b>	<b>Reducido</b>
Una porción del alimento aporta menos de 0.5 gramos de grasa.	Una porción del alimento aporta un máximo de 3 gramos.	El alimento contiene 50% menos del aporte de grasa total del alimento habitual con respecto al alimento normal de referencia.	Se ha reducido en 25% o más el aporte de grasas totales con respecto al alimento normal de referencia.

<b>Grasas Saturadas</b>			
<b>Libre</b>	<b>Bajo aporte</b>	<b>Liviano</b>	<b>Reducido</b>
Una porción del alimento aporta menos de 0.5 gramos de grasa saturada y menos de 0.5 gramos de ácidos grasos trans ♦♦.	Una porción del alimento aporta un máximo de 1 gramo de grasa saturada y un máximo de 15% de calorías provenientes de grasas saturadas.	El alimento contiene 50% menos del aporte de grasa saturada del alimento habitual, con respecto al alimento normal de referencia.	Se ha reducido en 25% o más el aporte de grasas saturadas con respecto al alimento normal de referencia.
<b>Ácidos grasos trans</b>			
<b>Libre</b>			
Una porción del alimento aporta menos de 0.5 gramos de ácidos grasos trans y menos de 0,5 gramos de grasa saturada.			

<b>Colesterol</b>			
<b>Libre</b>	<b>Bajo aporte</b>	<b>Liviano</b>	<b>Reducido</b>
Una porción del alimento aporta menos de 2 mg de colesterol.	Una porción del alimento aporta un máximo de 20 mg de colesterol.	El alimento contiene 50% menos del aporte de colesterol por porción del alimento habitual, con respecto al alimento de referencia.	Se ha reducido en 25% o más el aporte de colesterol con respecto al alimento normal de referencia.
<p>♦ Una porción de consumo habitual es la cantidad de alimento consumida por una persona en una ocasión (sección 3.2).</p> <p>♦♦ Ácidos grasos trans, son compuestos que se forman por hidrogenación y temperatura en procesos tales como la transformación de aceites del estado líquido a sólido para la obtención de margarinas.</p>			

## **Anexo 11**

Fichas del cálculo del beneficio – costo de los cultivos

**FICHA TÉCNICO-ECONÓMICA**

Tomate Cherry  
Riego por capilaridad con agua de mar  
Antofagasta, Chile

Régimen hídrico:	Sistema capilar con agua de mar
Densidad (Plantas/m2):	10,00
Fecha de trasplante:	Agosto
Variedad:	Cereza de enrame
Fecha de cosecha:	Diciembre - Enero

(1) caja tomate cherry: 250 GR

Parámetros generales:		Resumen contable:	
Rendimiento (caja/m2):	1.680	Costos directos (a+b+c):	827.47
Precio de venta mercado interno (\$/caja):	1350	Ingresos (e):	2268
		Margen bruto (e- (a+b+c)):	1440.53

Labor/Insumo	Cantidad	Unidad	Precio (\$/un)	Valor (\$) (2)
--------------	----------	--------	----------------	----------------

Mano de obra (a) (3)				
Riego	34	hr (Sueldo por hectarea)	7,000	238,000
Trasplante				
Acarreo de insumos				
Aplicación de fertilizantes y siembra				
Aplicación agroquímicos				
Evaluaciones de campo				
Cosecha				
<b>Total mano de obra</b>				<b>24</b>

Maquinaria(b)				
<b>Total maquinaria</b>				<b>0</b>

Insumos (c)				
Semillas	0.10	Gr	650	65
Almacigueras (135 cavidades)	0.25	UN	1,600	100
Insecticidas	0.00010	L	28,500	3
Fungicida	0.0002	Kg	4,100	1
<b>Otros:</b>				
Transporte de insumos	1.00	UN	70,000	7
Agua potable	0.25	m³	2,500	625
Agua de mar	Averiguar extracción de a			
Análisis foliar (prorogarlo a lo que tenemos)	1.00	UN	30,000	3
<b>Total insumos</b>				<b>804</b>

<b>Total costos directos (a+b+c)</b>	<b>827</b>
--------------------------------------	------------

<b>Total costos</b>	<b>827.47</b>
---------------------	---------------

**Análisis de sensibilidad**

Rendimiento (caja/m2)	Margen neto (\$/m2)		
	Precio (\$/caja)		
	1215	1350	1485
1.51	1009.61	1213.73	1417.85
1.68	1213.73	1440.53	1667.33
1.85	1417.85	1667.33	1916.81

(1) ESTE ANÁLISIS SE REALIZÓ TOMANDO EN CUENTA EL VALOR PROMEDIO DE UNA CAJA DE TOMATES EN CHERRY DE 250 GR EN LOS SUPERMERCADOS.

(2) Todos los valores se encuentran prorrateados a m2.

(3) la mano de obra es un valor aproximado y equivale al trabajo realizado solo en 1 m2

Para una conclusión acerca de la viabilidad de un proyecto, bajo este enfoque, se debe tener en cuenta la comparación de la relación B/C hallada en comparación con 1, así tenemos lo siguiente:

B/C > 1 indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto debe ser considerado.

B/C=1 Aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costos.

B/C < 1, muestra que los costos son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

**CÁLCULO DE RELACION B/C:**

$$B/C = \frac{2268}{827.47} = 2.740884866 > 1, \text{ por lo tanto el proyecto es aceptable.}$$

## FICHA TÉCNICO-ECONÓMICA

Acelga  
Riego por capilaridad con agua de mar  
Antofagasta, Chile

<b>Régimen hídrico:</b>	Sistema capilar con agua de mar
<b>Densidad (Plantas/m2):</b>	13.00
<b>Fecha de trasplante:</b>	Agosto
<b>Variedad:</b>	Fordhook Giant
<b>Fecha de cosecha:</b>	Diciembre - Enero

Plantas por atado:

1 Atado: (1)	3.74	Plantas
--------------	------	---------

Parámetros generales:		Resumen contable:	
<b>Rendimiento (Atado/m2):</b>	3.476	<b>Costos directos (a+b+c):</b>	894.05208
<b>Precio de venta mercado interno (\$/atado):</b>	750	<b>Ingresos (e):</b>	2606.9519
		<b>Margen bruto (e- (a+b+c)):</b>	1712.8998

Labor/insumo	Cantidad	Unidad	Precio (\$/un)	Valor (\$) (2)
--------------	----------	--------	----------------	----------------

Mano de obra (a)				
Riego				
Trasplante				
Acarrero de insumos				
Aplicación de fertilizantes y siembra	34	hr (Sueldo por hectarea)	6,000	204,000
Aplicación agroquímicos				
Evaluaciones de campo				
Cosecha				
<b>Total mano de obra</b>				<b>20</b>

Maquinaria(b)				
<b>Total maquinaria</b>				<b>0</b>

Insumos (c)				
Semillas	1.36	GR	100	136
Almacigueras (135 cavidades)	0.25	UN	1,600	100
Insecticidas	0.00008	L	33,151	3
Otros:				
Transporte de insumos	1.00	UN	70,000	7
Agua potable	0.25	m3	2,500	625
Agua de mar		Averiguar extracción de a		
Análisis foliar (prorogarlo a lo que tenemos)	1.00	UN	30,000	3
<b>Total insumos</b>				<b>874</b>

<b>Total costos directos (a+b+c)</b>	<b>894</b>
--------------------------------------	------------

<b>Total costos</b>	<b>894.05</b>
---------------------	---------------

### Análisis de sensibilidad

Rendimiento (atados/m2)	Margen neto (\$/m2)		
	Precio (\$/Atado)		
	675	750	825
3.13	1217.5789	1452.204604	1686.8303
3.48	1452.2046	1712.899792	1973.595
3.82	1686.8303	1973.594979	2260.3597

(1) Según la Ficha técnico-económica para simulación del costo de acelga, 1 atado equivale aproximadamente a 3,74 plantas de acelga y/o 1 atado son hojas de 25 cm que caen en la mano del cosechero

(2) Todos los valores se encuentran prorrateados a m2.

Para una conclusión acerca de la viabilidad de un proyecto, bajo este enfoque, se debe tener en cuenta la comparación de la relación B/C hallada en comparación con 1, así tenemos lo siguiente:

B/C > 1 indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto debe ser considerado.

B/C=1 Aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costos.

B/C < 1, muestra que los costos son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

#### CALCULO DE RELACION B/C:

$$B/C = \frac{2606.95187}{894.05208} = 2.915883683 > 1, \text{ por lo tanto el proyecto es aceptable.}$$

## **Anexo 12**

Análisis económico de la inversión

## Anexo 12: Análisis económico de la inversión.

Se realizó un detalle de los ingresos previstos:

- Para el cultivo de Acelgas se prevén: 4 cosecha/año en 3,6 m<sup>2</sup> (Venta por atados)
- Para el cultivo de Tomates Cherry se prevén: 3 cosecha/año en 3,6 m<sup>2</sup> (Venta por cajas de 250 gr)

### Cálculo del VAN y TIR:

El VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno) son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, etc.

A continuación se calcularán el VAN y TIR de nuestro proyecto:

## ANÁLISIS DE INVERSIÓN

### 1. DATOS PARA EL ANALISIS

Inversión inicial   
Sueldos

	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Flujo de caja	-4.722.742	60.134	58.835	57.522	56.197	54.858

### 2. CÁLCULO DEL V.A.N Y LA T.I.R

Tasa de descuento

V.A.N. a cinco años  Valor negativo, inversión (en principio) no recomendable.

T.I.R a cinco años  Valor inferior a la tasa, inversión a analizar con detalle.

#### Interpretación de los resultados:

$VAN > 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable.

$VAN = 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la Tasa de Descuento.

$VAN < 0 \rightarrow$  el proyecto no es rentable.

En este el caso  $VAN < 0$ , lo cual indica que la inversión no es recomendable.

TIR: Este indicador se relaciona con el VAN, ya que utilizando una fórmula similar, determina cuál es la tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero. Es decir, que se expresa como un porcentaje (TIR=12%, por ejemplo). En términos conceptuales, puede entenderse como la tasa de interés

máxima a la que es posible endeudarse para financiar el proyecto, sin que genere pérdidas.

La TIR resultó ser -1, por lo tanto se recomienda analizar con detalles la inversión.

### Conclusión

Si bien el análisis económico de la inversión del proyecto no es positivo, esto se debe solo al precio de la construcción de las terrazas.

Para la futura implementación de este proyecto, se sugiere utilizar materiales reciclados, tales como Bins, y así mitigar costos de inversión, ya que el análisis de costos para ambos cultivos fue positiva y la razón beneficio/costo fue mayor a 1 en ambos casos (**ANEXO 11**)

## **Anexo 13**

Análisis de la efectividad del uso de agua

Anexo 13: Análisis de la efectividad del uso de agua.

Es importante destacar el ahorro de agua de riego que podría ahorrarse utilizando el riego por capilaridad con agua de mar. Para esto se calculó la Necesidad real de Riego de cada cultivo, para compararlo con la cantidad de agua de mar utilizada en cada terraza.

Para el cálculo de la Necesidad real de riego se utilizaran las siguientes formulas y por lo tanto los siguientes datos:

$$\text{Necesidad real de agua} = \text{ETc} / \text{Eficiencia de riego}$$

Donde ETc es la evapotranspiración del cultivo y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{ETc} = \text{ETo} \times \text{kc}$$

Donde ETo: Evapotranspiración de referencia y kc: Coeficiente del cultivo

Necesidad Real de riego de acelgas		
Datos	Valor	Unidad
ETo	6,5	mm/día
kc acelga	0,85	
Eficiencia de riego	50%	
m <sup>2</sup> de la terraza	3,6	m <sup>2</sup>
Tiempo de cosecha	90	días

Necesidad Real de riego de tomates cherry		
Datos	Valor	Unidad
ETo	6,5	mm/día
kc tomate	0,98	
Eficiencia de riego	50%	
m <sup>2</sup> de la terraza	3,6	m <sup>2</sup>
Tiempo de cosecha	120	días

<b>Fórmula: ETc = ETo x kc</b>		
ETc =	5,525	mm/día

<b>Fórmula: ETc = ETo x kc</b>		
ETc =	6,37	mm/día

<b>NR = ETc / Eficiencia de riego</b>		
NR =	11,05	lt/m <sup>2</sup> /día
<b>NR en 3 meses:</b>	<b>3580,2</b>	<b>lt</b>

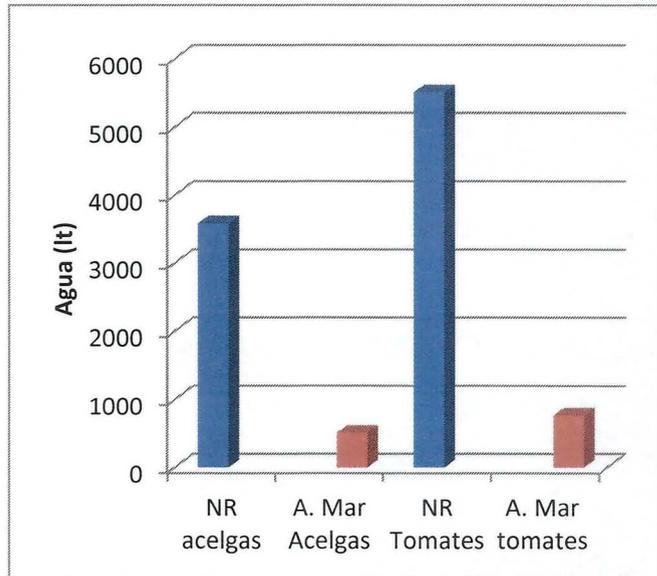
<b>NR = ETc / Eficiencia de riego</b>		
NR =	12,74	lt/m <sup>2</sup> /día
<b>NR en 4 meses</b>	<b>5503,7</b>	<b>lt</b>

Cantidad de agua de mar utilizada en la terraza de acelgas:	512	lt
---	-----	----

Cantidad de agua de mar utilizada en la terraza de tomates cherry:	768	lt
--	-----	----

Interpretación de los resultados:

Como se muestra en el gráfico de la comparación entre el uso de agua de riego real y el uso de agua de mar, existe una brecha importante, lo cual demostraría que el ahorro de agua potable podría ser de un 85% aproximadamente.



## **Anexo 14**

Fichas del equipo técnico

Anexo 14: Ficha identificación coordinador y equipo técnico.

Nombre completo	Natalia Miryam Gutiérrez Roa
RUT	
Cargo en el proyecto	Coordinador principal, Ingeniero Agrónomo
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	Universidad Católica del Norte
Dirección (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta
Email	
Género (Masculino o Femenino):	Femenino
Tiempo de participación en el proyecto	Desde Mayo 2016 – Enero 2017

Nombre completo	Leonardo Romero Aránguiz
RUT	
Cargo en el proyecto	Asesor de Proyecto, Ingeniero Civil Químico PhD
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	Universidad Católica del Norte
Dirección (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	Manuel Verbal n°1333, depto. 44, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta
Email	
Género (Masculino o Femenino):	Masculino
Tiempo de participación en el proyecto	Desde Mayo 2016 – Enero 2017

Nombre completo	Darlyn Ávila Stoffel
RUT	
Cargo en el proyecto	Ingeniero de Proyecto, Ingeniero Agrónomo
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	-
Dirección (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	Av. Angamos n°1110, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta
Email	
Género (Masculino o Femenino):	Femenino
Tiempo de participación en el proyecto	Desde Mayo 2016 – Octubre 2016

Nombre completo	Alexandra Astorga Sánchez
RUT	
Cargo en el proyecto	Tesista y Reemplazante de Ingeniero de Proyecto. Ingeniero Civil Ambiental
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	-
Dirección (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta
Email	Astorga.san@gmail.com
Género (Masculino o Femenino):	Femenino
Tiempo de participación en el proyecto	Desde Mayo 2016 – Octubre 2016 como tesista. Desde Noviembre 2016 – Enero 2017 Reemplazante de Ingeniero de Proyecto.

Nombre completo	María Angélica Carvajal Riquelme
RUT	
Cargo en el proyecto	Asesor financiero
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	Universidad Católica del Norte
Dirección (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta
Email	
Género (Masculino o Femenino):	Femenino
Tiempo de participación en el proyecto	Mayo 2016 – Agosto 2016 Enero 2017

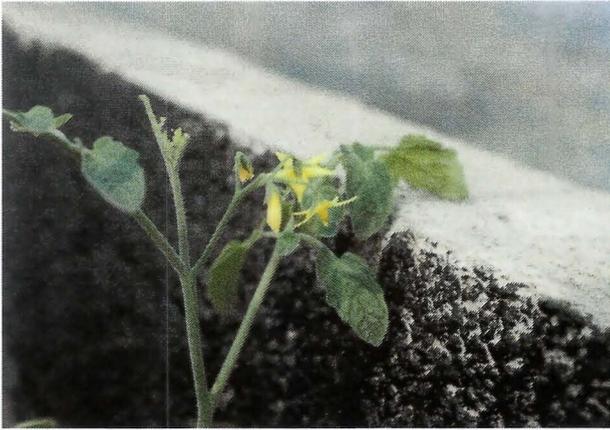
Nombre completo	María Isabel Zepeda Rodríguez
RUT	
Cargo en el proyecto	Analista químico
Nombre de la empresa/organización donde trabaja	-
Dirección (calle, comuna, ciudad, provincia, región)	Oficina empresa n°11560, Altavista1, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta, Antofagasta
Email	
Género (Masculino o Femenino):	Femenino
Tiempo de participación en el proyecto	Mayo 2016 – Enero 2017

## **Anexo 15**

Evidencia fotográfica

Anexo 15: Evidencia fotográfica

Fotografías de las plantas de tomate cherry del Nivel 3 (altura 110 cm):



Fotografías de las plantas de acelga Nivel 1 (altura 40 cm):



