



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ANTECEDENTES TÉCNICOS Y ECONÓMICOS SOBRE PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS BABY EN CULTIVO SIN SUELO BAJO LAS CONDICIONES DE LA REGIÓN DE ATACAMA

AUTORES

LEONARDO ROJAS PARRA
LUIS MUÑOZ CARVAJAL
SEBASTIÁN SOTO DURÁN
VERÓNICA ARANCIBIA ARAYA
GONZALO IBACACHE ACUÑA
RODRIGO GONZÁLEZ ROJAS
KAROLINA PÉREZ NATES

BOLETÍN INIA N° 342



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Antecedentes técnicos y económicos sobre producción de hortalizas baby en cultivo sin suelo bajo las condiciones de la Región de Atacama



AUTORES

Leonardo Rojas Parra
Luis Muñoz Carvajal
Sebastián Soto Durán
Verónica Arancibia Araya
Gonzalo Ibacache Acuña
Rodrigo González Rojas
Karolina Pérez Nates

INIA INTIHUASI
La Serena, Chile, 2016

BOLETÍN INIA N° 342

Autores

Leonardo Rojas Parra, Ingeniero Agrónomo.
Luis Muñoz Carvajal, Ingeniero Agrónomo.
Sebastián Soto Durán, Ingeniero Agrónomo, Economista Agrario.
Verónica Arancibia Araya, Ingeniera en Alimentos.
Gonzalo Ibacache Acuña, Ingeniero en Ejecución Agrícola.
Rodrigo González Rojas, Ingeniero en Ejecución Agrícola.
Karolina Pérez Nates, Ingeniera Agrónoma.

Directora Responsable

Patricia Larraín Sanhueza, Ing. Agrónoma, M. Sc.
Directora Regional INIA Intihuasi.

Comité Editor

Angélica Salvatierra G., Ingeniera Agrónoma, Ph.D.
Carlos Quiroz E., Ingeniero Agrónomo, M.Sc.; Ph.D.
Constanza Jana A. Ingeniera Agrónoma, Mg, Dr.
Erica González V., Técnico en Biblioteca.
Karinna Maltés R., Periodista.

Boletín INIA N° 342

Boletín editado por el Centro Regional de Investigación Intihuasi, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura Chile, como parte del Proyecto "Obtención de hortalizas baby, mediante sistema de productivos de bajo requerimiento hídrico en la región de Atacama", financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad FIC 2014 del Gobierno Regional de Atacama.

Cita Bibliográfica Correcta

Rojas, L., L. Muñoz, S. Soto, V. Arancibia, G. Ibacache, R. González y K. Pérez. 2016. Antecedentes técnicos y económicos sobre producción de hortalizas Baby en cultivos sin suelo bajo las condiciones de la Región de Atacama. 85 p. Boletín INIA N°342. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Intihuasi, La Serena, Chile.

ISSN 0717-4829

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y/o autores.

Diseño y Diagramación: Urenda & Gutiérrez Ltda.

Impresión: Urenda & Gutiérrez Ltda.

Cantidad de ejemplares: 100.

La Serena, Chile 2016.

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN	05
Capítulo 2: CONSIDERACIONES PARA LA PRODUCCIÓN SIN SUELO DE HORTALIZAS BABY	07
Capítulo 3: FORMULACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS AJUSTADAS A LAS CONDICIONES LOCALES	08
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA Y CUANTIFICACIÓN DE SUS APORTES	08
3.2. ELECCIÓN DE SOLUCIONES GUÍAS PARA LA FORMULACIÓN	10
3.3. FORMULACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS	12
3.3.1. Regulación del pH	12
3.3.2. Adición de macroelementos	12
3.3.3. Adición de microelementos	13
3.4. FORMULACIÓN RESULTANTES PARA LAS FUENTES DE AGUA DEL PROYECTO	13
3.5. PREPARACIÓN DE SOLUCIONES CONCENTRADAS	15
Capítulo 4: CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGAS BABY	17
4.1. LA LECHUGA HIDROPÓNICA COMO PRODUCTO COMERCIAL	17
4.2. SISTEMA DE CULTIVO “DE RAÍZ FLOTANTE”	18
4.2.1. Duración de ciclos de cultivo y sistemas de manejo asociados	18
4.2.2. Problemas fitosanitarios	19
4.3. ANTECEDENTES EXPERIMENTALES	20
4.3.1. Producción de almácigos	21
4.3.2. Manejo del cultivo y cosecha	22
4.4. RENDIMIENTOS EN LECHUGA BABY HIDROPÓNICA	23
4.5. CONSUMOS DE AGUA EN LECHUGAS	25
4.6. CONTENIDO DE NITRATOS EN HOJAS COMO FACTOR DE CALIDAD	25
4.6.1. Importancia del contenido de nitratos en los alimentos	25
4.6.2. Prácticas de manejo para reducir los contenidos de nitratos	27
4.6.3. Resultados obtenidos en las condiciones de Atacama	28
Capítulo 5: CULTIVO DE TOMATE CHERRY Y ZAPALLO ITALIANO EN SUSTRATO DE REGADO	30
5.1. CULTIVO EN SUSTRATOS	30
5.1.1. Ventajas y desventajas del cultivo en sustratos	30
5.1.2. Los sustratos y sus propiedades	31
5.1.3. Sistemas abiertos y cerrados	31
5.2. CRITERIOS AGRONÓMICOS PARA EL RIEGO	32
5.2.1. Relación entre retención de humedad del sustrato y frecuencia de riego	32
5.2.2. Relación entre consumo de agua y frecuencia de riego	33
5.2.3. Distribución de los riegos a lo largo del día	34

5.2.4. Eficiencia de riego en cultivo sin suelo.....	34
5.3. CONTROL Y MANEJO DEL RIEGO.....	35
5.3.1. Centro de control de fertirrigación.....	35
5.3.2. Control y ajuste del tiempo de riego mediante balance volumétrico.....	36
5.3.3. Manejo de la solución nutritiva.....	39
5.4. ANTECEDENTES EXPERIMENTALES.....	40
5.4.1. Manejo de Tomate Cherry.....	40
5.4.2. Manejo de zapallo italiano.....	41
5.5. CICLOS PRODUCTIVOS Y RENDIMIENTOS.....	43
5.5.1. Rendimiento de tomate cherry.....	43
5.5.2. Rendimiento de zapallo italiano.....	44
5.6. BALANCE DE AGUA EN TOMATE CHERRY Y ZAPALLO ITALIANO.....	45

Capítulo 6: ANÁLISIS ECONÓMICOS.....	49
6.1. FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE PRODUCIR HORTALIZAS BABY POR MEDIO DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS EN LA REGIÓN DE ATACAMA.....	49
6.1.1. Descripción de los proyectos productivos analizados.....	49
6.1.2. Inversiones.....	52
6.1.3. Costos de operación	53
6.1.4. Estimación de ingresos brutos	53
6.1.5. Indicadores de rentabilidad	54
6.2. RENTABILIDAD DE USO DEL AGUA	55

7. CONCLUSIONES.....	57
8. REFERENCIAS.....	58
9. ANEXOS.....	60
Anexo 1. Análisis de agua de las localidades incluidas en el proyecto.....	60
Anexo 2. Formulación y preparación de las soluciones nutritivas.....	62
Anexo 3. Cálculo del Déficit de Presión de Vapor (DPV).....	67
Anexo 4. Metodologías y memorias de cálculo para los análisis económicos.....	70

1. INTRODUCCIÓN

En la Región de Atacama, de acuerdo con los resultados del catastro hortícola regional 2015, realizado por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), por mandato de la Corporación para la Competitividad e Innovación de la Región de Atacama (CCIRA), se ha detectado una reducción de la superficie hortícola, siendo ésta un 12,9% menor a lo reportado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en su estimación del año 2013, y alrededor de un 40% menor respecto de la obtenida en el Censo Agropecuario del 2007. Esto representa una tendencia, desde hace una década, a una continua disminución en la superficie destinada a las hortalizas. Dicha disminución puede estar asociada a factores climáticos (sequía), y de competitividad o bien, a la rentabilidad del rubro.

Por otra parte, existe un manejo muy tradicional de los cultivos por parte de los agricultores, lo que incide en poca diversidad de productos, además de bajos rendimientos. Según el estudio del Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario, (INDAP) "Estrategias regionales de competitividad por rubro hortalizas mercado interno Región de Atacama" (lechuga y zanahoria), realizado el año 2007, la Agricultura Familiar Campesina (AFC) de la región de Atacama presenta una serie de características que actúan como limitantes. En lo técnico-productivo, se hace referencia a rendimientos bajos, problemas de calidad de los productos y problemas con el riego. El estudio destaca la necesidad de mejorar la cobertura de asistencia técnica y el fomento a la incorporación de riego

tecnificado y capacitación en uso eficiente del agua. En lo comercial, el proceso de comercialización se reduce a vender en el predio, con lo cual se disminuye el margen en la cadena de valor. En el contexto descrito se ha venido planteando por las autoridades regionales y las Instituciones relacionadas con la agricultura, la búsqueda de nuevas alternativas productivas que permitan diversificar la oferta de productos e incorporar el concepto de agregación de valor. Por otro lado, debido a la escasez hídrica recurrente, se busca también promover manejos tecnológicos que permitan el ahorro o uso eficiente del recurso agua.

Dentro de esta línea, la producción de mini-hortalizas u hortalizas "Baby" podría constituir una alternativa orientada a la diversificación de la oferta de productos y a la agregación de valor. Por otro lado, la incorporación del manejo hidropónico en su producción podría significar, en lo comercial, un elemento adicional de agregación de valor y, en lo técnico, un significativo avance en el uso eficiente del agua.

Como un primer paso en la propuesta de este nuevo sistema, es básico determinar la factibilidad técnica y económica de desarrollar esta alternativa en la región de Atacama, lo cual constituye el objetivo central abordado por el Proyecto "Obtención de hortalizas Baby, mediante sistemas productivos de bajo requerimiento hídrico en la región de Atacama" en cuyo marco se genera el presente Boletín técnico.

2. CONSIDERACIONES PARA LA PRODUCCIÓN SIN SUELO DE HORTALIZAS BABY

Las hortalizas “Baby” corresponden a productos comerciales caracterizados por tener un pequeño tamaño respecto al producto habitual. En algunos casos pueden corresponder a variedades que dan un producto de menor tamaño, como en el caso de los tomates cherry, o pueden ser solamente productos cosechados con poco desarrollo, como es el caso de las lechugas. En este caso, lo que se conoce como “lechuga Baby” en el mercado corresponde a hojas cortadas, de plantas pequeñas, colocadas a granel dentro de un envase. El cultivo suele hacerse en suelo, utilizando semillas baratas, en siembras densas y la cosecha se hace considerando el rendimiento en peso de las hojas cortadas y no por número de unidades.

Normalmente la comercialización de los productos Baby se realiza con clientes tales como cadenas de supermercados o servicios de alimentación, los que exigen la acreditación de la resolución sanitaria pertinente. En el caso de frutos u otros productos enteros que solo consideran envasado se exige un tipo de resolución sanitaria, mientras que para productos cortados requiere una resolución sanitaria con requerimientos específicos para este procesamiento.

La incorporación de la técnica de cultivo hidropónico de hortalizas Baby se orienta a dos propósitos principales: uno es aspirar a

precios más altos por la condición hidropónica, ya que ésta se asocia a mayor higiene e inocuidad por los consumidores y podría influir en su preferencia. El otro propósito es de tipo productivo, donde se espera obtener mayores rendimientos por unidad de superficie y tiempo, y mejor calidad de productos, que mediante el cultivo en suelo.

En el Proyecto “Obtención de hortalizas Baby, mediante sistemas productivos de bajo requerimiento hídrico en la Región de Atacama” se trabajó con lechuga, tomate cherry y zapallito italiano tipo “árabe”, en tres condiciones ambientales, siendo éstas, invernadero de polietileno normal, invernadero con malla antiáfidos y al aire libre. Las particularidades de cada cultivo se detallarán en los capítulos correspondientes.

Respecto a la tecnología de cultivo sin suelo, se ha recurrido al conocimiento disponible mundialmente, aplicable a sistemas de baja complejidad y con los ajustes y adaptaciones necesarios para hacerlo replicable en las condiciones de la región de Atacama.

3. FORMULACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS AJUSTADAS A LAS CONDICIONES LOCALES.

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA Y CUANTIFICACIÓN DE SUS APORTES.

Las aguas de riego de las cuencas de los ríos Huasco y Copiapó de la Región de Atacama (**Figuras 1 y 2**) presentan notables gradientes en el contenido de sales disueltas, siendo la tendencia a incrementar los niveles a medida que se desciende por los valles en dirección al mar.

En la formulación de las soluciones nutritivas se debe considerar los aportes de nutrientes que hace el agua de riego y se debe tener en cuenta las limitaciones que pueden imponer algunos elementos cuyos contenidos son muy altos y que, por lo general, no pueden ser rebajados en forma económica. Esto implica que los ingredientes de la solución nutritiva y sus proporciones pueden ser diferentes según las características del agua a utilizar.

Para obtener una correcta formulación se realizaron análisis en laboratorio a las distintas fuentes de agua (**Anexo 1**), con lo cual se determinaron los aportes de nutrientes de cada una de ellas y la necesidad de acidificación de las mismas.

Las aguas utilizadas en el proyecto presentan contenidos significativos de calcio, magnesio y azufre, mientras que el nitrógeno, fósforo y potasio están en cantidades poco apreciables. En algunos casos, como el agua de San Pedro, en Copiapó, y Hacienda Nicolasa, en Huasco (**Figuras 1 y 2**), las soluciones nutritivas resultan con niveles excedidos del rango en calcio, magnesio y sulfatos, debido a los contenidos que posee el agua utilizada. También el boro se encuentra en niveles altos, lo que podría afectar negativamente a los cultivos más sensibles.



Figura 1. Localidades incluidas en las pruebas de cultivo sin suelo en el Valle de Huasco.



Figura 2. Localidades incluidas en las pruebas de cultivo sin suelo en el Valle de Copiapó.

3.2 ELECCIÓN DE SOLUCIONES GUÍAS PARA LA FORMULACIÓN

De acuerdo con información bibliográfica, existen numerosas formulaciones propuestas por diversos autores, las cuales vienen dadas en concentraciones de los elementos esenciales que se deben incluir (**Cuadro 1**).

Los elementos Nitrógeno (N), Fósforo (P),

Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) son los llamados "macroelementos" debido a que son absorbidos en cantidades proporcionalmente grandes, mientras que el resto se absorbe en pequeñas cantidades y son llamados "microelementos": Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B) y Molibdeno (Mo).

Cuadro 1. Rangos de concentración de macroelementos según diversos autores (ppm).

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
N	210	168	106	172	218	167	140	190
P	31	41	62	41	60	31	31	35
K	234	156	156	300	300	277	234	210
Ca	160	160	93	180	180	183	90	150
Mg	34	36	48	48	50	49	18	45
S	64	48	64	158	68		16	70
Fe	2,5	2,8	3,8	3	12	3,00	2,00	1,00
Mn	0,5	0,54	0,81	1,3	2	0,62	0,50	0,50
Cu	0,02	0,064	0,05	0,3	0,1	0,02	0,02	0,10
Zn	0,05	0,065	0,09	0,3	0,1	0,11	0,05	0,15
B	0,5	0,54	0,46	1	0,3	0,44	0,36	0,50
Mo	0,01	0,04	0,03	0,07	0,2	-	0,02	0,05

(1) Hoagland y Arnon (1938)

(2) Hewitt (1966)

(3) Jensen (s/fecha)

(4) Larsen (s/fecha)

(5) Cooper (1979)

(6) Steiner (1984)

(7) Casas Castro (1999)

(8) Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015.

Fuente: Elaboración propia en base a Carrasco, G; J. Izquierdo, 1996. Casas Castro, 1999, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú, 2015.

A partir de estas referencias se resolvió utilizar como base la solución de Steiner, la cual muestra valores equilibrados dentro de los rangos señalados en el **Cuadro 1**, con

algunas variaciones en función de los rangos propuestos en las otras formulaciones, para adecuar las recetas en las localidades incluidas en el proyecto (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Concentraciones de nutrientes utilizadas como referencia para la formulación de soluciones nutritivas en localidades de la región de Atacama.

Elemento	Macroelementos						Microelementos					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Contenido (ppm)	167	33	277	183	34	96	2,0	0,1	0,1	0,2	0,6	0,03

Nota: ppm = mg/l =g/m³

3.3 FORMULACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

Las formulaciones se deben hacer teniendo en cuenta los siguientes criterios:

12

3.3.1 Regulación del pH:

El pH indica si un medio es más ácido o más alcalino y se expresa en una escala numérica adimensional de 1 a 14, donde el valor 7 corresponde a neutro. Por debajo de este valor el medio tiene una condición ácida, mientras que con valores mayores de 7 es alcalino. La importancia del pH radica en que afecta a la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes. Es así que en hidroponía se recomienda que la solución nutritiva esté en un rango levemente ácido, con valores cercanos a 5,5 ya que en esta condición todos los nutrientes se encuentran disponibles. En cambio, con valores de pH en el rango alcalino disminuye la disponibilidad del fósforo y de varios microelementos.

La mayor parte de las aguas de la Zona Norte de Chile se encuentran en dicho rango y deben ser aciduladas para su uso en hidroponía.

La reducción de pH se logra mediante la aplicación de ácidos, prefiriendo aquellos que además aporten macronutrientes, tales como el ácido fosfórico y el ácido nítrico. Para el cálculo de las necesidades de ácido se debe considerar el contenido de bicarbonato en el agua, ya que este ion ejerce un efecto tampón que dificulta la reducción de pH (**Anexo 2**).

3.3.2 Adición de macroelementos

Una consideración importante en la agregación de fertilizantes se refiere a la fuente de nitrógeno a utilizar, ya que se evita el uso de amonio (NH_4), o bien se aplica en dosis bajas, en términos generales no más del 10% del nitrógeno en esta forma. Esto se debe a que este compuesto puede acumularse en los tejidos a niveles tóxicos para la planta, especialmente en condiciones de baja luminosidad.

Tampoco se recomienda el uso de cloruros (o muriatos), tales como el cloruro de calcio, sobre todo en aguas que ya tienen altos contenidos de este compuesto.

3.3.3 Adición de microelementos

En los microelementos, las concentraciones señaladas en diversas fórmulas muestran grandes variaciones (ejemplo, manganeso 0,5 a 2 ppm, diferencia de 400%) sin que ocurran problemas. Una excepción es el boro (B), donde contenidos mayores a 1 ppm pueden causar efectos tóxicos como deformaciones y quemaduras en plantas sensibles y por ello se debe poner especial

cuidado en determinar los contenidos naturales en el agua a utilizar.

Para la aportación de los microelementos es ideal utilizar un fertilizante completo, como el que se ha empleado en las presentes formulaciones ya que simplifica mucho la preparación (**Anexo 2**).

3.4 FORMULACIONES RESULTANTES PARA LAS FUENTES DE AGUA DEL PROYECTO

Las fórmulas para cada fuente de agua utilizada en el proyecto se muestran en los **Cuadros 3 al 5**.

Cuadro 3. Fórmula para agua del Canal Compañía, Huasco, Hacienda Compañía

Fertilizante	Cantidad (g o mL) por 1 m ³ de agua					
Nitrato de calcio	450 g					
Nitrato de potasio	800 g					
Ácido fosfórico 85 %	100 ml					
Anakel Mix	30 g					
Concentraciones estimadas de macroelementos en la solución.						
Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S
Contenido en el agua.			4	138	28	50
Contenido en solución nutritiva (ppm)	174	43	308	224	28	50

Cuadro 4. Fórmula para agua del Canal Nicolasa, Huasco, Hacienda Nicolasa

Fertilizante	Cantidad (g o mL) por 1 m ³ de agua					
Nitrato de potasio	800 g					
Ultrasol Multipropósito	130 g					
Ácido nítrico 70%	160 mL					
Ácido fosfórico 85%	65 mL					
Anakel Mix	30 g					
Concentraciones estimadas de macroelementos en la solución						
Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S
Contenido en el agua (ppm)			5	244	55	94
Contenido en solución nutritiva (ppm)	167	42	332	244	55	94

Cuadro 5. Fórmula para agua de pozo San Pedro, Copiapó

Fertilizante	Cantidad (g o mL) por 1 m ³ de agua					
Nitrato de potasio	1.000 g					
Ácido fosfórico 85 %	100 mL					
Ácido nítrico	170 mL					
Anakel Mix	30 g					
Concentraciones estimadas de macroelementos en la solución						
Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S
Contenido en el agua (ppm)			8	324	102	159
Contenido en solución nutritiva (ppm)	169	43	388	324	102	159

3.5 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES CONCENTRADAS

La preparación de una solución nutritiva a su concentración normal para uso directo en los cultivos requiere estanques de gran capacidad y obliga a una preparación muy frecuente. Por lo tanto, es recomendable preparar soluciones concentradas, las que posteriormente se diluirán para reconstituir la solución nutritiva. Una concentración habitual es de 200 veces, es decir que las cantidades calculadas para 1.000 litros de agua se disuelven en sólo 5 litros. En consecuencia, la dilución para reconstituir la solución nutritiva será de 5 por 1.000, o sea, 5 litros de solución concentrada para preparar 1.000 litros de solución nutritiva. En escala menor se expresa como 5 ml por litro (o más usual, como “5 cc por litro”).

Al utilizar soluciones concentradas se deben separar algunos compuestos que pueden reaccionar y precipitar en formas insolubles

si se juntan en altas concentraciones. El calcio (nitrato de calcio) no se debe juntar con los sulfatos ni los fosfatos (**Anexo2**). Normalmente es suficiente con dos soluciones concentradas, llamadas Solución A y Solución B. A modo de ejemplo, en el caso del agua del canal Compañía, Vallenar, se separaron los componentes de la solución nutritiva en las dos soluciones concentradas indicadas en el **Cuadro 6**. En este caso, la inclusión del nitrato de potasio en la Solución B responde únicamente a una distribución más compensada del peso total de fertilizantes entre ambas soluciones y no a una incompatibilidad con el nitrato de calcio.

Cuadro 6. Soluciones concentradas A y B para solución nutritiva con agua del Canal Compañía, Provincia de Huasco.

Ingredientes Solución A	Gramos en 5 litros
Nitrato de calcio	450
Anakel Mix	30
Ingredientes Solución B	Gramos en 5 litros
Nitrato de potasio	800
Ácido fosfórico 85%	160 (100 mL)

La dosis o alícuota para reconstituir la solución nutritiva es de 5 mL de cada una de las soluciones, A y B, por cada 1 litro de agua.



Figura 3. Contenedores de 25 litros para soluciones concentradas A y B

4. CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGAS BABY.

4.1 LA LECHUGA HIDROPÓNICA COMO PRODUCTO COMERCIAL

Se debe considerar a la lechuga hidropónica, en general, como un producto comercial diferente a la lechuga de suelo, ya que la hidroponía se asocia a mayor higiene e inocuidad para el consumidor. Por esta razón tiene demanda, precios y vías de comercialización no comparables con las lechugas de suelo.

Dentro de este marco, se aprecian varias diferencias técnicas respecto a la lechuga de suelo, como son la utilización de sólo algunos tipos varietales (Española, Lollo bionda, Hoja de roble), el corto ciclo de cultivo, el pequeño tamaño y peso de las plantas cosechadas (100 a 200 g) y el gran número de unidades producidas por superficie (30 por m²).

En el caso de las lechugas Baby, la producción de hoja de corte, de acuerdo a evaluaciones preliminares¹, no aparece abordable en forma competitiva mediante la hidroponía, respecto de la producción en suelo. Por esta razón, para el proyecto se planteó una alternativa de producto final consistente en una combinación o Mix de 4 unidades enteras por envase, de pequeño tamaño (20 a 50 g, según variedad) y de diferentes colores y texturas (**Figura 4**).

Este producto podría competir con las lechugas hidropónicas normales y no requeriría de una resolución sanitaria para procesamiento, como en el caso de las hojas de corte.



Figura 4. Envase con Mix de variedades de lechuga de diferentes colores y texturas

1. Referencias obtenidas en consultas a especialistas asesores privados Ing. Agr. Pablo Rioseco, Ing. Agr. Bernardo Rojas, y en gira tecnológica donde se entrevistó a Michael Escobedo, productor hidropónico de San Vicente de Tagua Tagua.

4.2 SISTEMA DE CULTIVO “DE RAÍZ FLOTANTE”

En el sistema conocido como “de raíz flotante” las plantas van colocadas sobre planchas flotantes de poliestireno expandido (“plumavit”) con sus raíces inmersas en un volumen de solución nutritiva de varios centímetros de profundidad. Normalmente se utiliza una profundidad relacionada con el consumo de agua que las plantas van a tener. En el sistema de raíz flotante de Hidroponía Popular de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), se recomienda iniciar el ciclo con profundidad de 8 cm, con lo cual, un cultivo de lechugas de tamaño normal llega habitualmente a cosecha sin necesidad de rellenos y es común que quede un

remanente de 2 a 3 cm de profundidad de agua, lo que ayuda a que no se entretrejan y enreden las raíces.

Esta forma de cultivo corresponde a un sistema cerrado, donde la solución nutritiva se mantiene hasta el final, practicándole solamente alguna técnica de oxigenación que puede ser la agitación manual, la insuflación de aire o la recirculación con turbulencia.

Terminada la cosecha se procede a la limpieza y sanitización para comenzar un nuevo ciclo.

4.2.1 Duración de ciclos de cultivo y sistemas de manejo asociados

Para el desarrollo de un programa de producción de lechugas hidropónicas se considera como “ciclo productivo” al tiempo que permanecen las plantas desde el trasplante hasta la cosecha ocupando las bandejas flotantes en los mesones.

En lechugas de tamaño normal este ciclo dura 3 a 4 semanas lo que es comparativamente muy rápido respecto del cultivo en suelo.

En el caso de las lechugas Baby, el ciclo es aún más corto, no superando las 2 a 3 semanas, según la época.

Para la producción continua durante todo el año se debe tener varias consideraciones:

- La lechuga es una especie de ambiente fresco, siendo una condición ideal de referencia la costa central de Chile. Existen variedades recomendadas para invierno y verano, pero en condiciones de estaciones marcadas (invierno muy frío, verano muy caluroso) se pueden presentar problemas para un normal desarrollo.
- El manejo de los ciclos de cultivo debe considerar las diferencias que se pueden producir por efecto de la época del año.
- La producción de lechuga Baby, por ser de ciclo muy corto y por tener como meta de cosecha una lechuga a medio formar tiene altas posibilidades de adaptación a las variaciones referidas.
- Idealmente se debe contar con estructuras de intervención ambiental que permitan brindar temperaturas más altas en tiempo frío y sombrear y refrescar en tiempo caluroso. Habitualmente estas estructuras corresponden a invernaderos con buena ventilación y que pueden incorporar mallas de sombreo.

4.2.2 Problemas fitosanitarios

Un problema inherente al cultivo en agua es que puede ocurrir infección de las raíces por hongos de suelo como el género *Pythium*. Sin embargo, en las condiciones de cultivo rápido, con la solución nutritiva nueva y manteniendo adecuada oxigenación del agua prácticamente no ocurre. Conviene al terminar la cosecha, lavar los mesones y planchas con agua con hipoclorito de sodio al 5% para desinfectar.

Otros problemas, propios de la lechuga, como ataques foliares de Mildiú (hongo) y pulgones no suelen afectar dado que el ciclo

de producción es muy corto, más aún en la producción de lechuga Baby.

En caso que el historial indicara que que es necesario hacer controles preventivos, estos deben hacerse en la etapa de almácigo, con los productos autorizados de menor toxicidad (etiqueta verde) y con estricto respeto de dosificaciones y tiempos de carencia.

4.3 ANTECEDENTES EXPERIMENTALES

En el proyecto se utilizaron mesones de 6 m de largo y 1 m de ancho, con una capacidad de 12 planchas de dimensiones 100 x 50 x 3 cm, cada una para 60 plantas, dando una densidad de 120 plantas/m² (Figuras 5 y 6). Además, los cultivos fueron hechos en tres condiciones: al aire libre, en invernadero normal de polietileno y en invernadero cubierto con malla antiáfidos.

Los mesones, con profundidad máxima de 10 cm, fueron forrados con una lámina de polietileno negro y colocados en forma

nivelada, conformando estanques capaces de almacenar un volumen de 60 litros por cada 1 cm de altura de agua. La solución nutritiva contenida en estos estanques era recirculada para su oxigenación mediante un sistema consistente en una salida de estanque en un extremo del mesón, una pequeña bomba de lavadora de 37 W y mangueras que devuelven el agua con turbulencia al otro extremo del mesón.

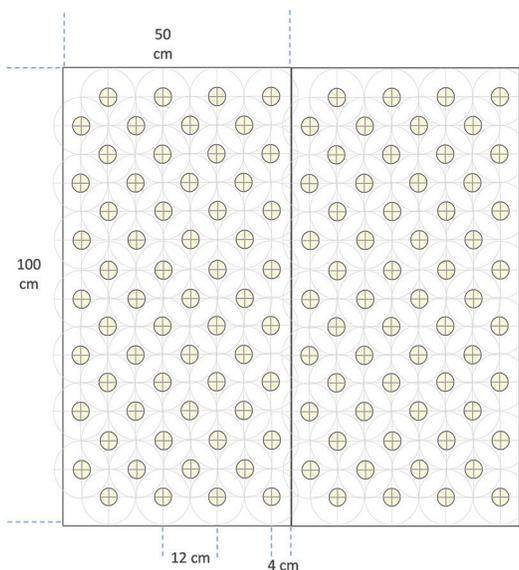


Figura 5. Esquema de dos planchas con 60 agujeros cada una, sumando 120 por m²



Figura 6. Mesones para cultivo en sistema de “raíz flotante”

El cultivo para producción de lechugas Baby como Mix de variedades se diseñó en dos etapas. La primera fue el almácigo, donde se sembró en bandejas alveoladas, para trasplantar con plantas de 3 semanas,

la segunda etapa se desarrolló en las planchas flotantes, con permanencia de dos a tres semanas hasta la cosecha.

4.3.1 Producción de almácigos

El almácigo puede ser producido de muchas formas, pero se recomienda la siembra en bandejas con sustrato. En este caso se utilizaron bandejas de polietileno negro de 288 celdas, con volumen de 7 cm³ por celda. El sustrato utilizado fue turba, cubierta con una capa fina de perlita, cuyo propósito era evitar la formación de una costra de algas que dificulta la infiltración del riego.

Las variedades utilizadas fueron Carmoli (tipo Lollo Rosa, color rojo oscuro), Kristine (tipo hoja de roble, color verde claro),

Red Salad (tipo hoja de roble, color rojo claro) y Burovia (tipo Baby leaf, color verde oscuro).

Las bandejas fueron regadas con solución nutritiva a concentración normal. La duración del almácigo fue de 3 semanas, pero podría alargarse hasta 4 en condiciones frías (**Figura 7**).



Figura 7. Preparación de almácigo para producción de Mix de variedades de lechuga.

4.3.2 Manejo del cultivo y cosecha

En los mesones se inició el cultivo con 5 cm de profundidad de agua, lo que arroja 300 litros de solución nutritiva por cada mesón. La recirculación de la solución nutritiva funcionó en forma automática con 4 pulsos de ½ hora por día y no fue necesario efectuar rellenos. El caudal del flujo se reguló alrededor de 10 L/min, con lo cual el volumen (inicial de 300 L) tenía un recambio teórico de 4 veces por día, lo que mostró ser suficiente para el desarrollo de las plantas, aunque no se hicieron mediciones de oxígeno disuelto.

Al momento del trasplante, a las plantas se les hizo un lavado de raíces, consistente en una breve inmersión en agua, para

eliminar el material suelto del bloque de raíces. A continuación, se colocaron en bloques de espuma plástica de 3x3x2 cm dentro de los agujeros de las planchas.

Durante el período de crecimiento de dos semanas no fue necesario realizar ninguna labor adicional y no se requirió ninguna aplicación de pesticidas (**Figura 8**).

El procedimiento de cosecha consistió en extraer las plantas, escurrirles el agua de las raíces y colocarlas mezcladas en los envases, siendo prácticamente innecesario efectuar limpiezas o remoción de hojas de mal aspecto.



Figura 8. Cultivo de diferentes variedades para incluir en un Mix

4.4 RENDIMIENTOS EN LECHUGA BABY HIDROPÓNICA

Los resultados obtenidos en el proyecto indican que es posible cosechar 30 bolsas/m² del mix de lechugas (4 unidades por bolsa), lo que significa 180 bolsas por mesón de 6 m² en cada ciclo. Las mermas productivas en este sistema normalmente son insignificantes, logrando cosechar cerca

del 100 % de las plantas colocadas, en ciclos de 2 semanas. Las plantas Baby resultan de diferentes pesos según la variedad, habiéndose medido promedios desde 12 a 53 g con raíces (**Cuadro 7**).

Cuadro 7. Características de peso de plantas de 4 variedades de lechuga cosechadas a los 15 días postrasplante para su inclusión en un mix. Vallenar, marzo de 2016

Condición	Variedad	Peso de planta (g)	
		Con raíces	Sin raíces
Aire Libre	Kristine	33,5 ± 5,72	25,1 ± 4,16
	Burovia	39,1 ± 9,07	30,0 ± 7,81
	Carmoli	20,2 ± 7,6	15,0 ± 6,43
	Red Salad	16,6 ± 3,28	11,7 ± 2,35
Invernadero enmallado	Kristine	36,4 ± 5,36	31,3 ± 4,87
	Burovia	33,9 ± 10,27	28,4 ± 9,09
	Carmoli	17,2 ± 4,26	14,4 ± 3,65
	Red Salad	11,7 ± 4,23	9,3 ± 3,6

Promedio ± desviación estándar (n=10)

Las evaluaciones realizadas en el proyecto han mostrado que es posible obtener la cosecha en dos a tres semanas a partir del trasplante, tanto en invierno como en verano, en las condiciones de Vallenar, Huasco, si se manejan las temperaturas con las coberturas de abrigo y de refresco, respectivamente. En cultivos hechos en el

mes de julio se obtuvo cosecha a los 21 días en invernadero de polietileno, a los 32 días en invernadero enmallado y a los 42 días al aire libre, mientras que en verano se alcanzó la cosecha en dos semanas en cualquier condición.

4.5 CONSUMOS DE AGUA EN LECHUGAS

En el cultivo en raíz flotante, la condición de estanque permite determinar con bastante exactitud el consumo de agua por las plantas. Esto se hace determinando el volumen aportado (inicial más rellenos) y restando el volumen residual en el estanque o mesón.

En el Centro Experimental Huasco, Vallenar, en la primera quincena de marzo de 2016 se midieron consumos de 174 litros en el invernadero enmallado y de 192 al aire libre para mesones de 6 m² en un ciclo de 15 días. Esto significa que el promedio del período fue 1,93 y 2,13 L/ m²/día, respectivamente.

No obstante, la práctica de cultivo aconseja llegar a la cosecha con un volumen remanente que evite que las raíces se enreden, facilitando la cosecha. Por lo tanto, el volumen real gastado como cultivo corresponde en realidad al volumen aportado. En este caso, se inició con 5 cm de profundidad (300 litros) y se terminó con 2,1 y 1,8 cm de profundidad de agua. Esta altura o volumen remanente se puede ir ajustando en la práctica a medida que se conoce mejor el sistema, para aumentar el ahorro de agua.

4.6 CONTENIDO DE NITRATOS EN HOJAS COMO FACTOR DE CALIDAD

4.6.1 Importancia del contenido de nitratos en los alimentos.

El nitrato (simbolizado NO₃) es un componente de algunas sales, las cuales suelen recibir su nombre a partir de éste. A modo de ejemplo, tenemos los fertilizantes nitrato de potasio, nitrato de calcio y nitrato de amonio. También contienen nitratos los llamados salitres (sódico y potásico).

Se debe destacar que el nitrato es la principal forma en que las plantas extraen nitrógeno con sus raíces y que, casi todos los materiales que contengan nitrógeno pueden ser transformados finalmente a nitrato en el suelo. Así, productos como el compost o el guano, sufrirán transformaciones

de sus compuestos nitrogenados hasta generar nitratos absorbibles por las raíces.

Los nitratos no son en sí mismos sustancias tóxicas para el ser humano, pero en el estómago se transforman en nitritos, los que pueden reaccionar con las aminas que provienen del metabolismo de alimentos proteicos, originando nitrosaminas, las cuales, se ha demostrado que son precursoras de células cancerígenas. Estudios epidemiológicos señalan una correlación positiva entre la incidencia de cáncer gástrico, esofágico y nasofaríngeo, con el alto uso de fertilizantes nitrogenados.

Asimismo, se ha comprobado que en niños menores a tres meses que consumen leche preparada con agua cuyo contenido de nitratos es elevado (mayor al permitido por las normas, 50 mg NO₃/L), ocasiona la enfermedad conocida como síndrome del niño azul o metahemoglobinemia infantil.

Por las razones anteriormente expuestas, las autoridades de salud a nivel mundial han ido elaborando normas que fijan límites máximos de nitratos en el agua, en los alimentos procesados y también en alimentos frescos como lechugas y espinacas ya que estas plantas son acumuladoras de este compuesto.

Como se ha dicho, la lechuga es una de las hortalizas de hoja que acumula nitratos en sus tejidos, existiendo algunos factores externos que afectan el contenido que alcanza al momento del consumo. Estos son:

a) Disponibilidad de nitrógeno en el medio: En caso de una fertilización de nitrógeno elevada, la planta tendría más disponibilidad de este elemento y su absorción sería mayor. Estudios realizados por INIA mostraron altos niveles de nitratos en hojas de lechugas cultivadas en suelo, en localidades de la Zona Central (Boletín INIA N°167), lo que se asocia a fertilizaciones demasiado altas y tardías.

En el caso de la producción hidropónica, la posibilidad de controlar y variar las concentraciones en la solución nutritiva, brinda mayor capacidad de manejar el contenido de nitratos en las hojas. Datos obtenidos por Carrasco (2006), señalan que los contenidos de nitratos en lechugas hidropónicas de diversos tipos evaluados en la Zona Central de Chile, han mostrado niveles aceptables de acuerdo a los máximos permitidos en la norma europea.

b) Luz: En presencia de luz se activa la metabolización de los nitratos a otras formas químicas en las hojas, por lo cual se pueden encontrar diferencias en los contenidos de nitratos según la época del año, siendo mayor en invierno, y según la hora del día, presentando la mayor concentración temprano en la mañana. El factor luminosidad es preponderante en países europeos del Norte, por ejemplo Holanda y el Reino Unido, donde la radiación solar es menos intensa, más aún cuando se cultiva bajo invernadero.

En atención a los riesgos asociados a la ingestión de cantidades elevadas de nitratos, los países europeos han limitado el contenido de este ion en los tejidos vegetales para la comercialización entre países de la Unión Europea (**Cuadro 8**).

Cuadro 8. Contenidos máximos de nitratos en lechugas según condición y época. Reglamento de la Unión Europea (extracto).

ANEXO Sección 1: Nitratos			
Productos alimenticios		Contenidos máximos (mg NO ₃ /kg)	
1.3	Lechugas frescas (<i>Lactuca sativa</i> L) (lechugas de invernadero y cultivadas al aire libre) excepto las lechugas mencionadas en el punto 1.4	Recolectadas entre el 1 de octubre y el 31 de marzo:	
		Lechugas cultivadas en invernadero	5.000
		Lechugas cultivadas al aire libre	4.000
		Recolectadas entre el 1 de abril y el 30 de septiembre	
		Lechugas cultivadas en invernadero	4.000
		Lechugas cultivadas al aire libre	3.000
1.4	Lechugas del tipo "Iceberg"	Lechugas cultivadas en invernadero	2.500
		Lechugas cultivadas al aire libre	2.000

Fuente: REGLAMENTO (UE) N° 1258/2011 DE LA COMISIÓN de 2 de diciembre de 2011 que modifica el Reglamento (CE) n°1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de nitratos en los productos alimenticios.

4.6.2 Prácticas de manejo para reducir los contenidos de nitratos

En caso de constatarse riesgo de acumulación de nitratos en los tejidos, se recomienda como prevención algunas medidas de tipo cultural (aplicables en el cultivo) y otras al momento de la cosecha y post cosecha. En cultivo se puede trabajar con concentraciones bajas de nitratos en la solución nutritiva, aunque se arriesga a un desarrollo más lento y coloración verde menos intensa, como lo observado

en lechugas cultivadas con 50% (84 ppm), respecto de la solución de Steiner (**Figura 9**). Por otra parte, se sugiere cosechar al atardecer pues la mayor concentración de nitratos ocurre temprano por la mañana. También la eliminación de las hojas externas contribuye a reducir el contenido promedio, ya que éstas alcanzan mayor concentración de nitratos.



Figura 9. Determinación de color verde de menor intensidad (a la derecha) en lechugas cultivadas con bajo contenido de nitrógeno en la solución nutritiva (84 ppm).

4.6.3. Resultados obtenidos en las condiciones de Atacama

En el **Cuadro 9** se presentan resultados de contenidos de nitratos en hojas de lechugas hidropónicas, variedad Burovia, producidas en localidades de la región de Atacama.

Los resultados obtenidos en diversas condiciones de época y coberturas, muestran que los valores de nitratos no sobrepasaron los límites máximos en ninguna de las mediciones, incluyendo aquellas que se hicieron en las condiciones más críticas, como fue el cultivo cosechado el 3 de septiembre bajo plástico, donde se obtuvo los valores más elevados de nitratos (hasta 3.549 mg/kg).

En base a las determinaciones realizadas, se puede afirmar que, en las condiciones de alta luminosidad de la región de Atacama,

se puede producir la variedad Burovia con concentraciones normales de nitrógeno en la solución nutritiva (167-190 ppm) durante todo el año, aún bajo plástico, sin que se presenten niveles de nitratos en las hojas por sobre los máximos establecidos por la Unión Europea. De acuerdo con antecedentes entregados por Carrasco (2006), otras variedades en hidroponía deberían mostrar un comportamiento similar.

En base a esto, se puede concluir que es posible obtener lechugas Baby saludables en cuanto a los contenidos de nitratos sin necesidad de tomar medidas preventivas como las señaladas anteriormente.

Cuadro 9. Contenido de nitrato en hojas de lechuga hidropónica, variedad Burovia, cultivada en diferentes condiciones ambientales y distintas concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva. Huasco-Copiapó, junio a diciembre de 2015.

Fecha de muestreo	Localidad	Condición ambiental	Concentración de N en solución nutritiva (ppm)*	Nitrato en materia fresca (mg/kg)**	Contenidos máximos de NO ₃ (mg/kg)***
30-jun	Hda. Compañía	Bajo plástico	167	2.142	5.000
30-jun	Hda. Compañía	Bajo plástico	190	1.983	5.000
23-jul	Hda. Compañía	Malla antiáfido	167	1.857	5.000
23-jul	Hda. Compañía	Malla antiáfido	190	1.983	5.000
03-sept	Hda. Compañía	Bajo plástico	167	3.549	5.000
03-sept	Hda. Compañía	Bajo plástico	190	3.142	5.000
08-sept	Hda. Compañía	Malla antiáfido	167	1.770	5.000
08-sept	Hda. Compañía	Malla antiáfido	190	1.827	5.000
21-sept	Hda. Compañía	Aire libre	167	996	4.000
21-sept	Hda. Compañía	Aire libre	190	1.279	4.000
09-oct	San Pedro, Copiapó.	Bajo plástico	167	1.408	4.000
15-oct	Hda. Nicolasa	Bajo plástico	167	1.944	4.000
26-oct	Hda. Compañía	Bajo plástico	167	1.795	4.000
26-oct	Hda. Compañía	Bajo plástico	167	323	4.000
04-nov	Hda. Compañía	Bajo plástico	134	546	4.000
04-nov	Hda. Compañía	Bajo plástico	84	411	4.000
04-nov	Hda. Compañía	Aire libre	134	618	3.000
04-nov	Hda. Compañía	Aire libre	84	248	3.000
04-nov	Hda. Compañía	Malla antiáfido	134	1.026	4.000
04-nov	Hda. Compañía	Malla antiáfido	84	796	4.000
26-nov	Hda. Compañía	Bajo plástico	84	849	4.000
26-nov	Hda. Compañía	Aire libre	84	525	3.000
03-dic	San Pedro, Copiapó.	Bajo plástico	84	1.726	4.000
16-dic	Hda. Compañía	Bajo plástico	84	1.215	4.000

*Estimado de acuerdo a la formulación, utilizando sólo formas nítricas. Valores de 134 y 84 ppm corresponden a 80 y 50% del nivel de Steiner. Valores de 167 ppm y 190 ppm son valores normales de Steiner y Universidad Nacional Agraria La Molina, respectivamente.

** Obtenido a partir de análisis en materia seca realizados en laboratorio acreditado.

***De acuerdo con Norma Europea, en fechas equivalentes en el Hemisferio Sur.

5. CULTIVO DE TOMATE CHERRY Y ZAPALLO ITALIANO EN SUSTRATO REGADO

5.1 CULTIVO EN SUSTRATOS

El cultivo en sustratos sólidos regados con solución nutritiva, es una de las formas de hacer cultivo sin suelo que ocupa superficies importantes en el

mundo (en España sobrepasa las 4.000 ha) y es la técnica sin suelo más utilizada en la producción de hortalizas de fruto, tales como tomate, pimiento y pepino.

5.1.1 Ventajas y desventajas del cultivo en sustratos

La principal ventaja que tiene el cultivo en sustratos, si se le compara con el cultivo en agua, es su facilidad de aplicación a diversos cultivos, ya que, bien manejado, no presenta problemas de asfixia de raíces. En cambio, son pocas las especies capaces de desarrollarse bien con sus raíces sumergidas en agua, por lo que se debe recurrir a sistemas mucho más complejos de cultivo en agua como la técnica de la película nutriente, conocida por sus siglas en inglés NFT. Por otro lado, las instalaciones son relativamente sencillas, puesto que el sistema corresponde a “maceteros regados” y no presenta tantas exigencias de hermeticidad y nivelación como los sistemas hidropónicos en agua.

Como desventaja se puede mencionar la exigencia en cuanto a cualidades del sustrato, lo que puede implicar altos costos si se recurre a sustratos comerciales. Por otro lado, no es aplicable a hortalizas de hojas como la lechuga, que se vende con raíces a la vista, por

un problema estético asociado a los restos sólidos que permanecen adheridos a éstas.

Si se compara con el cultivo en suelo, posee la ventaja que se puede lograr un mayor grado de control sobre la nutrición del cultivo, ya que el sustrato no altera significativamente las concentraciones y proporciones de nutrientes que se están suministrando a las plantas a través de la solución nutritiva. Esto, porque los sustratos deben ser química y biológicamente inertes, es decir sin los procesos que ocurren en el suelo de intercambio catiónico e inmovilización y retención de nutrientes.

La otra ventaja es en el aspecto fitosanitario debido a que se trabaja con pequeños volúmenes confinados en contenedores aislados del suelo, los cuales son más fáciles de desinfectar o de cambiar. Por tal razón, no es necesario aplicar la rotación de cultivos como sí lo es en el caso del suelo. Sin embargo,

el no utilizar suelo no garantiza la exclusión de problemas asociados a microorganismos propios de este medio como hongos, bacterias y nematodos, ya que las fuentes de contaminación están siempre presentes.

Las desventajas principales respecto al cultivo en suelo son el mayor costo de implementación y la mayor complejidad en su diseño y funcionamiento.

5.1.2 Los sustratos y sus propiedades

Los sustratos de alta calidad, aparte de ser inertes, deben reunir otras cualidades como tener alta retención de agua, poseer alta porosidad para la aireación, ser livianos, ocupar bajo volumen y ser durables.

Los más utilizados comercialmente son en base a lana de roca y perlita, seguidos de la fibra de coco que, en los últimos años ha

tenido un fuerte crecimiento en superficie.

En algunos casos se utiliza arenas, viruta de madera y mezclas propias con materiales de obtención local. Todos estos sustratos deben ser evaluados previamente para verificar su comportamiento en las condiciones de cultivo.

5.1.3 Sistemas abiertos y cerrados

Al aplicar el riego, lo normal es que se produzca una salida de agua por percolación, lo que corresponde a un excedente que no es retenido por el sustrato. Esta agua puede ser recuperada y reutilizada para regar el cultivo (sistema cerrado o con recirculación), o puede ser retirada para otros fines, como regar cultivos secundarios, o ser eliminada (sistema abierto o sin recirculación).

En general, es preferible utilizar los sistemas abiertos, por las siguientes razones:

- El sistema cerrado tiene mayor riesgo de diseminación de enfermedades de suelo desde focos de infección hacia la totalidad del cultivo, por lo cual normalmente requiere

la implementación de sistemas de desinfección costosos y de mayor complejidad. En el sistema abierto, en cambio, el agua percolada que pudiera arrastrar inóculos de enfermedades no vuelve a las bancadas de cultivo.

- En los sistemas cerrados se va alterando la composición de la solución nutritiva ya que las plantas van absorbiendo nutrientes en forma diferenciada y la solución nutritiva que percola puede resultar empobrecida en algunos elementos y enriquecida en otros. En cambio, el sistema abierto está recibiendo siempre una solución nutritiva renovada que mantiene su formulación original.

- Relacionado con lo anterior, si el agua es salina, en el sistema cerrado la solución nutritiva se va a salinizar progresivamente, ya que todos los componentes salinos que las plantas no utilizan, tales como bicarbonato, sodio y cloruro, se irán concentrando. Por su parte, el sistema abierto permite aplicar excedentes que hacen un efecto de lavado del sustrato y el percolado no vuelve a reintegrarse con la solución nutritiva que se aplica, por lo cual ésta mantiene su salinidad original.

bien de preocupaciones o exigencias por el cuidado del ambiente, las que propenden a disminuir el riesgo de contaminación de aguas subterráneas en localidades con grandes superficies de cultivo.

En las condiciones de la región de Atacama, prácticamente todas las aguas tienen niveles de salinidad que hacen aconsejable trabajar el cultivo en sustratos en sistema abierto.

Cabe señalar que los principales argumentos en favor de la recirculación provienen más

5.2 CRITERIOS AGRONÓMICOS PARA EL RIEGO

5.2.1 Relación entre retención de humedad del sustrato y frecuencia de riego

Los contenedores con sustrato deben considerarse como maceteros con capacidad de retener una cantidad limitada de agua fácilmente disponible para las plantas. El criterio básico para determinar la frecuencia de riego es que entre un riego y otro no se consuma más agua que dicha cantidad, de modo que las plantas encuentren siempre el agua fácilmente disponible y no sean sometidas a altibajos o a situaciones de estrés hídrico.

A modo de ejemplo, en el caso de la fibra de coco, el material comercial utilizado se presenta en lo que se llama "tablas" que

corresponden a planchas de dimensiones 100 cm x 18 cm x 3 cm de material comprimido, el cual se descomprime y aumenta su volumen al hidratarlo. Este material presenta una retención de humedad total de 550 mL/L, de lo cual, aproximadamente 200 mL/L son fácilmente aprovechables. Al descomprimirlo alcanza 14 cm de altura, con lo cual el volumen de cada tabla resulta de alrededor de 25 litros, lo que significa que cada tabla almacenaría 5 litros de agua fácilmente aprovechable.

Por otra parte, al igual que los maceteros, los sustratos en contenedores pueden mantener una capa saturada de agua, con el riesgo de provocar asfixia de raíces al principio, cuando las plantas son pequeñas y extraen poca agua. Por lo tanto, se debe considerar este hecho y luego de la saturación inicial se debe pasar un tiempo sin riego hasta que el

crecimiento de las plantas y una apariencia sana indiquen que existe un dosel o área foliar que presentan activa extracción de agua.

A partir de ese momento se debe iniciar los riegos con la frecuencia y duración que se determine, según las condiciones particulares del cultivo.

5.2.2 Relación entre consumo de agua y frecuencia de riego

El tiempo que transcurra para que se agote la humedad fácilmente aprovechable dependerá de la tasa de absorción que haga el cultivo en función de su área foliar y la demanda evaporativa del ambiente. Según esto, se deberá determinar cada cuanto tiempo o cuantas veces al día se regará.

Si se considera como ejemplo, un caso de alta demanda evaporativa, cual sería un cultivo de tomate con pleno desarrollo en verano, en Vallenar, se podría estimar una evapotranspiración (ET) del cultivo de 7 mm/día, es decir 7 litros/m² al día. Si las tablas de fibra de coco de 1 m de largo están separadas en hileras a 1,5 m, la superficie

de evaporación del cultivo asignable a cada tabla es de 1,5 m² y la demanda para la misma sería de $1,5 \times 7 = 10,5$ litros.

Esta cantidad es el doble del agua fácilmente disponible en la tabla, por lo que se debería dar al menos dos riegos por día para que el sustrato no se seque a niveles inconvenientes.

En la práctica se recomienda hacer un alto número de riegos cortos que sumen el volumen de agua a reponer, para mantener siempre el sustrato cercano a su condición de máxima humedad.

5.2.3. Distribución de los riegos a lo largo del día.

Es conveniente distribuir los riegos durante el período de mayor demanda, lo que corresponde a las horas diurnas, especialmente las de la tarde.

34

La determinación del Déficit de Presión de Vapor (DPV), a lo largo del día puede ser útil para definir los momentos de riego (**Anexo 3**). Este concepto integra la relación entre temperatura y humedad relativa en su efecto sobre la demanda atmosférica por agua y el riesgo de estrés hídrico en las plantas. En ciertos momentos del día puede darse una situación de estrés hídrico temporal que afecte a las plantas, aunque estén bien abastecidas de agua, por lo cual, durante este período se debe procurar mantener el nivel de agua en el

sustrato lo más cercano al óptimo. Cuando existe la posibilidad de sombreado y humidificación activos, se recurre a esta intervención ambiental para reducir el DPV. Las mediciones realizadas en invernadero normal de polietileno e invernadero con malla antiáfidos, durante enero, mostraron que, entre las 12:00 y las 19:00 horas se dio la condición en que se sobrepasaba el valor crítico de DPV. Durante este período se mantuvo un régimen de 5 riegos diarios cada 2 horas a partir de las 10:00 horas.

En otro aspecto, en épocas de mucho calor es conveniente proteger del sol las mangueras de conducción y de goteo para evitar la aplicación de agua muy caliente al inicio del riego.

5.2.4. Eficiencia de riego en cultivo sin suelo

En zonas donde el agua es escasa es muy importante utilizar este recurso eficientemente. Esta eficiencia se expresa como la proporción de agua que efectivamente queda a disposición de las plantas respecto de la cantidad que se le ha aplicado. Es conocido que el riego por goteo es uno de los sistemas que alcanzan mayores niveles, estimándose hasta un 90%, es decir que de cada 100 litros aplicados 90 quedarían a disposición de las plantas, esto, siempre y cuando se disponga de métodos de control que permitan aproximarse en cantidad y frecuencia a las necesidades de las plantas.

eficiencia tan alta puesto que hay que considerar un excedente de agua para evitar la acumulación de sales, en lo que se conoce como fracción de lavado.

En un cultivo sin suelo la eficiencia podría ser muy cercana a 100% si se utiliza un sistema cerrado o recirculante donde se recuperen y reutilicen los excedentes. Sin embargo, es más común que se utilicen sistemas abiertos o "a pérdida" por razones de tipo fitosanitario y por la alteración de la solución nutritiva, especialmente cuando las aguas tienen contenidos salinos de consideración, por lo cual se aceptan "pérdidas controladas".

Se debe destacar que cuando se utilizan aguas salinas no se puede pretender una

5.3 CONTROL Y MANEJO DEL RIEGO

5.3.1 Centro de control de fertirrigación

Los sistemas de control de riego para cultivo en sustratos pueden ser simples o complejos. Uno sencillo, recomendable a pequeña escala, consiste en un estanque donde se prepara la solución nutritiva a su concentración normal y luego se bombea hacia las camas de cultivo, idealmente con un programador que permita riegos frecuentes y cortos (**Figura 10**). Los sistemas

más complejos incluyen diversos grados de automatización que incluyen mando computarizado, inyección de soluciones concentradas al flujo de agua y control de pH y CE de la solución nutritiva mediante sondas.



Figura 10. Sistema de fertirriego consistente en dos estanques de 1.000 litros para preparar la solución nutritiva, un programador, bomba impulsora y válvulas eléctricas.

5.3.2. Control y ajuste del tiempo de riego mediante balance volumétrico

36

En el cultivo sobre sustratos es posible utilizar métodos sencillos de control del riego en base al balance volumétrico del agua. Esto consiste en aplicar agua en cantidad conocida y medir el agua de drenaje. La proporción que drena respecto a lo aplicado puede ir dando una medida instantánea para ajustar el tiempo de riego. Por ejemplo, si se aplican 10 litros y se obtienen 3 en el drenaje, se puede considerar que el tiempo de riego está muy alto y es necesario disminuirlo. A la inversa, si no hay agua drenada se debe presumir que se está reponiendo menos agua que lo que están consumiendo las plantas y se debe aumentar el tiempo de riego.

En todos los casos se debe tomar la precaución de dar riegos cortos y frecuentes, en volúmenes controlados, para evitar escurrimientos por fuera de la masa de sustrato.

El porcentaje que drena respecto de lo que se aplica se conoce como fracción de drenaje. Cuando la aplicación de este excedente tiene por propósito evitar la salinización del sustrato se le llama fracción de lavado. Con aguas salinas los agricultores van ajustando su fracción de drenaje, llegando muchas veces a superar el 20%.

El cálculo se realiza como:

$$\text{Fracción de drenaje} = \frac{\text{Agua drenada} \times 100}{\text{Agua aplicada}}$$

En las **Figuras 11, 12 y 13**, se muestra un sistema simple para aplicar este principio, como es una unidad compuesta por tres elementos:

- Una lámina de polietileno que colecta el agua de drenaje de una “tabla” de fibra de coco y la conduce a un recipiente enterrado.
- Un recipiente (balde) para acumular el agua de drenaje.
- Un recipiente (bidón) que recibe el agua de igual número de emisores (4) que una tabla.

En el caso ilustrado, el sistema utiliza 4 goteros de 4 litros/hora para cada tabla de fibra de coco, lo que significa un volumen de 16 litros por hora de riego para cada tabla.

Sobre esta base se puede estimar el volumen aplicado en un tiempo de riego determinado, por ejemplo, 5 pulsos de riego de 4 minutos que totalizan 20 minutos por día.

El gasto teórico por 60 minutos (1 hora) es de 16 litros, por lo tanto, el volumen aplicado en 20 minutos corresponde a $(20/60) \times 16 = 5,3$ litros. Este valor podría utilizarse para el balance si es que el sistema se ha chequeado suficientemente para tener valores confiables, pero es más seguro hacer la determinación del gasto

real aplicado, midiendo directamente el volumen colectado en el bidón receptor de los emisores.

La aplicación de este método se explica a continuación por medio de un ejemplo donde se simula el balance volumétrico del período (día) anterior:

1.- Se determina el volumen aplicado midiendo el volumen colectado en el recipiente de los emisores:

Volumen aplicado (bidón)= 5,1 litros

2.- Se determina el volumen drenado midiendo lo colectado en el recipiente del drenaje:

Volumen drenado (balde)= 0,460 litros

3.- Se calcula la fracción de drenaje

Fracción de drenaje= $0,460 \times 100/5,1=9\%$



Figura 11. Sistema para recibir y medir el agua drenada por una unidad de sustrato (tabla de fibra de coco), cubierta para protegerla de la radiación solar e impedir la proliferación de algas.



Figura 12. Detalle de la lámina para recibir y conducir el agua de drenaje y el recipiente de acumulación.



Figura 13. Unidad para recibir y medir el agua aplicada. Consta de 4 emisores idénticos a los que aplican el riego a las tablas con sustrato y un recipiente de boca estrecha (bidón).

5.3.3. Manejo de la solución nutritiva

La aplicación de solución nutritiva nueva en cada riego evita una alteración mayor en su composición, en comparación con el sistema recirculante. No obstante, las aguas contienen elementos que las plantas no utilizan como los bicarbonatos, el sodio y el cloro, los que se van concentrando en el sustrato cuando el riego es muy ajustado. El medir la Conductividad Eléctrica (CE) en el agua de drenaje, permite estimar cuánto se está salinizando el medio radical. La CE es una medida indirecta de la salinidad, basada en el principio que el agua con sales disueltas tiene mayor capacidad de conducir electricidad mientras mayor sea la concentración de éstas. La unidad de medida es el decisiemens/m (dS/m).

Si la CE del drenaje está considerablemente más alta que la CE de la solución que se aporta se debería aumentar la fracción de drenaje o bien recurrir a riegos de lavado con solución diluida. Lo ideal es no llegar a niveles muy elevados y no bajar abruptamente para evitar problemas como las partiduras de frutos.

Los niveles de CE a que se permita llegar dependerán en cada caso de la especie que se trate, por ejemplo, para tomate, no subir de 5 dS/m en el drenaje.

5.4. ANTECEDENTES EXPERIMENTALES

En el Centro Experimental Huasco, perteneciente al Centro Regional de Investigación Intihuasi, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, en Vallenar, se implementó el cultivo de tomate cherry y zapallo italiano en sustrato en base a fibra de coco en tablas de 25 litros, de 100 cm de longitud, 18 cm de ancho y 14 cm de alto. (**Figuras 14, 15 y 16**).

Las tablas se dispusieron en hileras a 1,5 m y se colocaron 4 plantas en cada una, con distancias de 0,25 m. Con la distancia de

plantación de 1,5 x 0,25 m se obtuvo una densidad de plantas aproximada de 26.700 por hectárea.

Además, los cultivos se establecieron en tres condiciones: al aire libre, en invernadero normal de polietileno y en invernadero cubierto con malla antiáfidos. Para los tomates se implementó un sistema de parrón con alambres de soporte para la conducción de las plantas.

La solución nutritiva utilizada fue la indicada en el **Cuadro 3**.

5.4.1 Manejo de Tomate Cherry

Se utilizó la variedad Regy, el cultivo se inició haciendo almácigos en bandejas de plástico negro de 128 celdas, para hacer el trasplante el 17 de junio de 2015. Las plantas se manejaron conducidas en un eje y amarradas con cinta garetá. La poda consistió en eliminación de brotes axilares para mantener un solo eje y la eliminación de las hojas viejas por debajo de los racimos ya cosechados.

Las enfermedades y plagas se manejaron mediante aplicaciones de plaguicidas, solamente en la medida que se detectaron indicios de algún problema, y con estricta selección del producto por su especificidad, registro y autorización por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG); por baja

toxicidad (ninguno de etiqueta roja) y por un período de carencia acorde al momento de la aplicación.

Hubo baja presión de plagas, por lo que se hicieron algunas aplicaciones con los siguientes productos:

- Contra polilla del tomate y ácaro del bronceado: Fast Plus (Abamectina), Karate Zeon (Lambda Cihalotrina).

No hubo presencia de enfermedades por hongos y no se hicieron aplicaciones de fungicidas.

5.4.2 Manejo de zapallo italiano

Se utilizó la variedad Terminator, cuya característica es su color verde grisáceo (tipo grey zucchini). No hay variedades en el mercado que tengan un crecimiento diferente que se ajuste más a producir zapallos de menor tamaño. Se cultivó en el mismo marco de plantación del tomate, pero, dado su hábito arbustivo postrero, las plantas se manejaron sin conducción y se fueron orientando hacia un solo costado de la mesa. Se les practicó deshojes para eliminar hojas viejas infectadas con oídio y facilitar el control de esta enfermedad.

En este cultivo las cosechas se realizaron recolectando frutos recién cuajados, máximo tres días después de la apertura y cierre de flores. El atraso de la cosecha, más allá del tiempo mencionado, implicaba que éstos “se pasaran”, llegando rápidamente a tamaños por sobre los estándares comerciales (máximo 100 g).

Las enfermedades y plagas se manejaron con los mismos criterios mencionados en el tomate. En este cultivo se presentó el problema de contar con menor número de productos autorizados para el cultivo y además, con requerimiento de carencias menores a 3 días durante el período de cosecha. En este sentido fue muy importante la labor complementaria de eliminación de hojas viejas, en especial para el control de oídio, que fue el problema más complejo de controlar por la vía de aplicaciones de pesticidas.

Se efectuaron aplicaciones contra ácaros y pulgones con Fast Plus (Abamectina) y Karate Zeon (Lambda cihalotrina); contra oídio con Topas (Penconazol) y Systhane (Myclobutanil).



Figura 14. Cultivo de zapallo italiano en “tablas” de fibra de coco, regadas con solución nutritiva



Figura 15. Cultivo de zapallo italiano en etapa de cosecha



Figura 16. Plantas de tomate cherry en "tablas" de fibra de coco en etapa de cosecha

5.5. CICLOS PRODUCTIVOS Y RENDIMIENTOS

5.5.1 Rendimiento de tomate cherry

El producto cosechado consiste en frutos de pequeño tamaño conocidos como “tomate cherry” o “tomate cóctel” provenientes de variedades comerciales que tienen la característica de producir este tipo de frutos.

El tomate es un cultivo de largo período, que demora entre 3 a 4 meses en iniciar la cosecha. A partir de ese momento puede permanecer 3 o más meses produciendo en la medida que se mantenga en buenas condiciones sanitarias.

En el proyecto, el tomate se estableció con fecha 17 de junio de 2015 y el inicio de la

cosecha significativa fue a los 107 días en invernadero de plástico, a los 114 días en invernadero enmallado y a los 121 días al aire libre. El efecto en la precocidad en favor de ambos invernaderos por sobre el cultivo al aire libre se expresó en la distribución de cosecha, donde lo acumulado en el primer mes es mayor. La cosecha se prolongó por 5 meses, obteniéndose un rendimiento total de 113 t/ha al aire libre, 116 en invernadero de plástico y 123 t/ha en el invernadero enmallado (**Figura 17**).

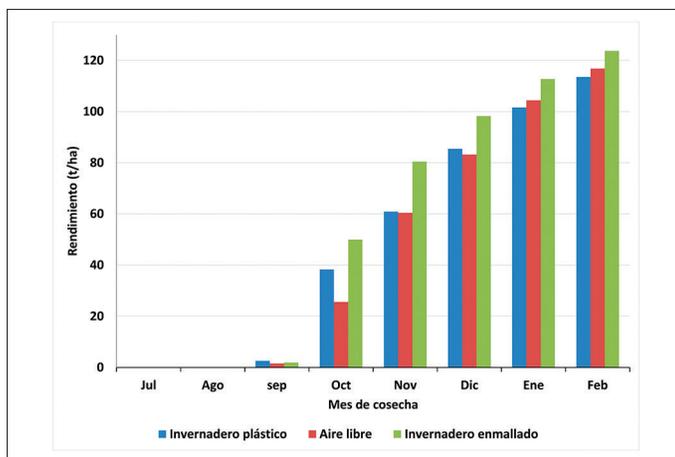


Figura 17. Cosecha acumulada de tomate cherry en cultivo sin suelo, bajo tres condiciones ambientales. Vallendar 2015-2016.

5.5.2 Rendimiento de zapallo italiano

En este cultivo, el producto corresponde a frutos recién cuajados, que tienen pequeño tamaño y que son conocidos comercialmente como “zapallos árabes”, no habiendo disponibilidad en Chile de variedades que en forma natural produzcan frutos pequeños.

El zapallo italiano entra en producción más rápido que el tomate. En la ejecución del proyecto, en un primer establecimiento del cultivo durante el mes de junio, demoró 60 días en iniciar la cosecha, mientras que establecido en diciembre demoró 29 días.

El rendimiento en verano, alcanzó poco más de 900.000 frutos/ha en plantas al aire libre e invernadero de plástico y 1.095.000 frutos/ha en invernadero enmallado (**Figura 18**). Esto corresponde a un promedio de 34 y 41 frutos por planta, respectivamente. En este cultivo de verano se tuvo que terminar el ensayo por finalización de las actividades prácticas del proyecto, antes que el cultivo mostrara una real decadencia productiva.

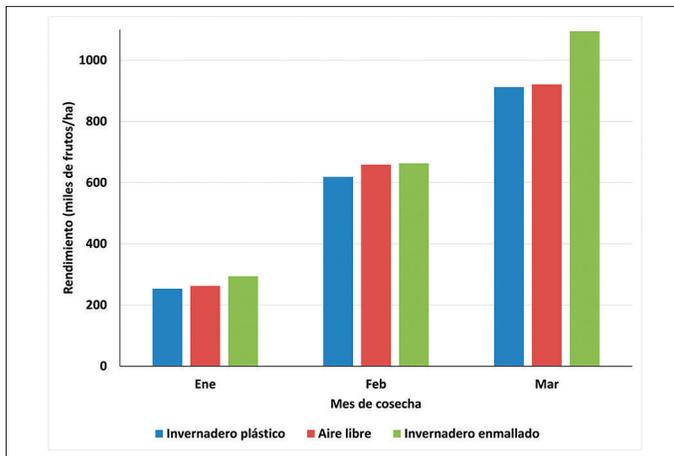


Figura 18. Cosecha acumulada de zapallo italiano Baby en cultivo sin suelo bajo tres condiciones ambientales. Vallenar 2015-2016

5.6. BALANCE DE AGUA EN TOMATE CHERRY Y ZAPALLO ITALIANO

En tomate cherry y zapallo italiano cultivados en sustrato de fibra de coco, en invernadero normal e invernadero con malla antiáfidos, se aplicó el método de balance volumétrico de agua para determinar los consumos. En este caso se utilizaron caudalímetros para medir el agua aplicada, canales con mangueras de drenaje para conducir el agua percolada y tambores enterrados para acumular el agua de drenaje (**Figuras 19 y 20**). El tiempo de riego fue el mismo para todas las situaciones, procurando que siempre hubiera drenaje en el caso de mayor consumo, que resultó ser el tomate cherry en invernadero enmallado.

Las mediciones realizadas mostraron que durante el período de mayor consumo el gasto individual por planta osciló entre 2 a 2,5 litros diarios en el tomate cherry y entre 1,5 a 2 en los zapallos italianos (**Figura 21**). En cada especie el consumo fue algo mayor en el invernadero enmallado que en el de polietileno.

Como se puede observar en la **Figura 22**, al transformar los valores de consumo por planta a Evapotranspiración (ET) expresados como $L/m^2/día$ (equivalente a $mm/día$), estos corresponden a 5,5 a 6,5 en tomates y 4 a 5,5 en los zapallos.

La fracción de drenaje determinada en los cultivos se mantuvo relativamente baja, especialmente en tomate cherry del invernadero enmallado, donde osciló por debajo del 5% la mayor parte del tiempo (**Figura 23**). Esto a su vez implicó una elevación progresiva de la CE (**Figura 24**) destacando el mismo cultivo, que alcanzó niveles sobre 12 dS/m, muy por sobre los demás. En la misma figura se puede apreciar una disminución abrupta en la CE a partir del 17 de febrero, la que fue provocada por un riego de lavado con agua sin solución nutritiva.



Figura 19. “Tablas” de fibra de coco colocadas sobre lámina impermeable y canal con manguera de drenaje para conducción del agua drenada.



Figura 20. Caudalímetro para medir agua aplicada y tambor bajo nivel del suelo para recibir el agua de drenaje de las tablas de fibra de coco

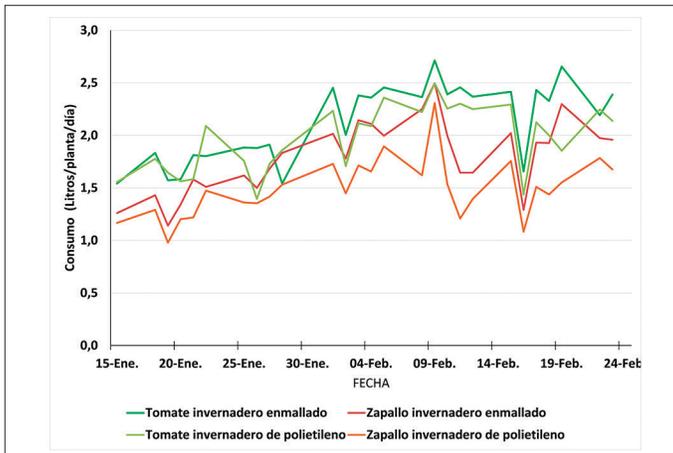


Figura 21. Volumen diario de consumo por plantas de tomate cherry y zapallo italiano cultivadas en fibra de coco, en dos condiciones ambientales, entre el 15 de enero y 23 de febrero de 2016.

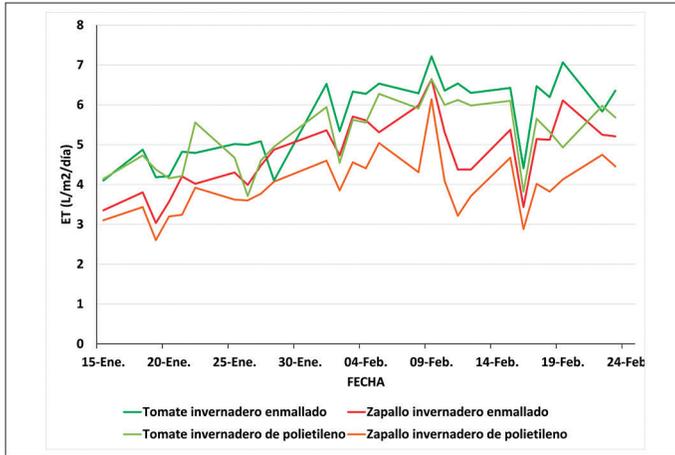


Figura 22. Evapotranspiración (ET) de plantas de tomate y zapallo italiano, cultivadas en fibra de coco, en dos condiciones ambientales, entre el 15 de enero y 23 de febrero de 2016.

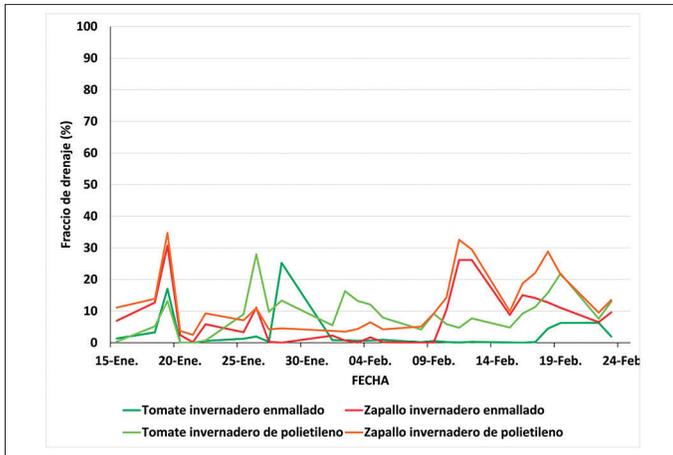


Figura 23. Fracción de drenaje determinada en tomate cherry y zapallo italiano, cultivados en fibra de coco, en dos condiciones ambientales, entre el 15 de enero y 23 de febrero de 2016.

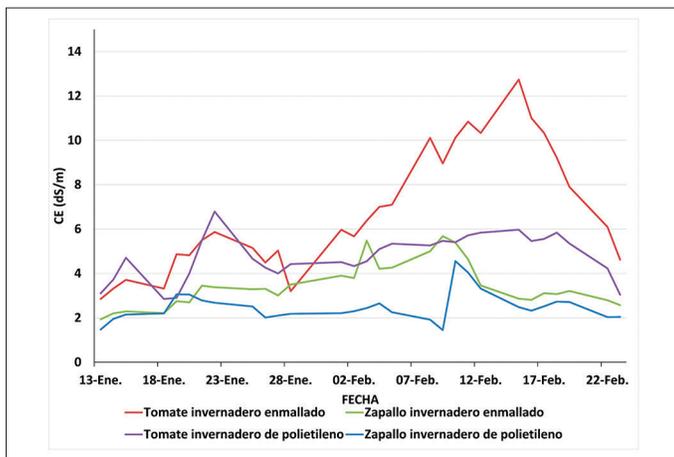


Figura 24. Evolución de la Conductividad Eléctrica del agua de drenaje en tomate cherry y zapallo italiano, cultivados en fibra de coco, en dos condiciones ambientales, entre el 15 de enero y 23 de febrero de 2016.

Estos resultados demuestran que el cultivo en sustratos sólidos entrega posibilidades de manejar en forma sencilla la frecuencia y el tiempo de riego, ya que por tratarse de contenedores regados se puede coleccionar y medir con facilidad el agua drenada, para así, realizar periódicamente el balance respecto de la cantidad de agua aplicada y manejar la pérdida dentro de niveles controlados.

Al mismo tiempo, el sistema permite monitorear el comportamiento de la Conductividad Eléctrica del agua drenada

y con ello detectar posibles riesgos de salinización del medio radical. Con ambos antecedentes es posible ajustar la cantidad de agua a aplicar para un riego eficiente en cada situación específica de especie cultivada, calidad de agua y condición ambiental.

6. ANÁLISIS ECONÓMICOS

6.1 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE PRODUCIR HORTALIZAS BABY POR MEDIO DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS EN LA REGIÓN DE ATACAMA

El análisis se plantea para una unidad productiva referencial correspondiente a un invernadero de 30 m de largo por 6 m de ancho, con área de 180 m² cubiertos. Este invernadero es similar a los que se construyen regularmente para pequeños agricultores con apoyo de INDAP, excepto por el ancho, que en este último caso suele ser de 7 m. A continuación, se entrega el resumen del análisis de factibilidad económica realizado

a tres proyectos productivos: lechuga Baby en cultivo en agua, tomate cherry en cultivo en sustrato y zapallo italiano en cultivo en sustrato. Los detalles de las fichas técnico-económicas, el desglose de costos e ingresos, así como los supuestos y criterios planteados para los análisis de factibilidad, se desarrollan en el **Anexo 4**.

6.1.1 Descripción de los proyectos productivos analizados

Lechuga Baby

El Producto comercial corresponde a bolsas con un Mix de 4 lechugas c/u. En la unidad productiva se disponen 18 mesones de 6 m² (6 m x 1 m), como se muestra en la **Figura 25**. Cada mesón puede producir un total de 720 plantas (ver punto 3.2.1) y como la

unidad de venta es la bolsa con 4 lechugas, cada mesón tiene capacidad para producir 180 de estas bolsas por ciclo productivo.

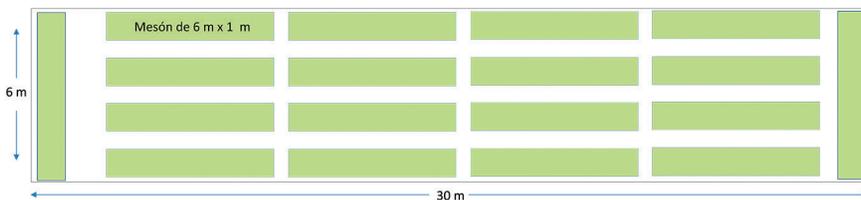


Figura 25. Esquema de distribución de mesones en el invernadero

El ciclo productivo desde trasplante a cosecha se ha demostrado que puede ser de dos semanas casi todo el año, no superando las tres semanas en el período más frío. Los 18 mesones se dividen en tres grupos de 6, que corresponden a fases de cultivo que se programan para tener simultáneamente:

- 6 mesones en cosecha, con plantas que cumplieron las dos semanas.
- 6 mesones en desarrollo, con plantas cursando la segunda semana.
- 6 mesones en trasplante o primera semana.

Este esquema permitiría obtener cosecha de 6 mesones (un máximo de 1.080 bolsas) cada

semana, dando tiempo para hacer limpieza y renovación de la solución nutritiva en los mesones ya cosechados, antes de iniciar el nuevo ciclo. Además, brinda la posibilidad de alargar unos días el cultivo en caso que el crecimiento sea menor de lo esperado, ya sea por frío u otras circunstancias, sin obstaculizar la nueva plantación.

En cada fase o grupo de 6 mesones corresponde trasplantar $6 \times 720 = 4.320$ plantas, para lo cual se requieren 17 bandejas de 288 celdas.

Tomate Cherry

Se considera un ciclo anual de marzo a diciembre con cosecha desde julio a diciembre.

En la unidad productiva de 180 m², se disponen 4 hileras, cada una con 30 tablas

de fibra de coco de 1 m de longitud. Cada tabla contiene 4 plantas, lo que resulta en 480 plantas totales. Se ha considerado un rendimiento de 2.160 kg, equivalente a 120 t/ha.

51

Zapallo italiano "Baby" o "Árabe"

Se considera tres ciclos de duración promedio de 4 meses para cubrir el año completo.

En la unidad productiva de 180 m², se disponen 4 hileras, cada una con 30 tablas

de fibra de coco de 1 m de longitud. Cada tabla contiene 4 plantas, lo que resulta en 480 plantas totales. El rendimiento se estima en base a la siguiente distribución:

Rendimiento esperado	Nº frutos en 180 m ²
1 ciclo primavera-verano (40 frutos/planta)	19.200
1 ciclo otoño-invierno (20 frutos/planta)	9.600
1 ciclo invierno-primavera (30 frutos/planta)	14.400
Total año	43.200

6.1.2 Inversiones

El invernadero constituye un costo de inversión común para los tres proyectos productivos analizados. Consta de una estructura de madera con cobertura plástica y se consideran todos aquellos trabajos en preparación del terreno, materiales y mano de obra.

En el caso de tomate y zapallo italiano se agrega la implementación del sistema de sustratos y riego, que incluye el centro de control, con estanques, equipo de bombeo y programador; las laterales de riego con goteros individuales por planta y las tablas de fibra de coco.

En el caso de la lechuga se incluye la construcción de los mesones de cultivo, dotados cada uno de una pequeña bomba impulsora. Además, en este caso se agrega la inversión en una sala de proceso para el envasado del producto, que cuente con resolución sanitaria.

El resumen de los grandes ítems de inversión para cada proyecto productivo se muestra en el **Cuadro 10**.

Cuadro 10. Resumen de costos de inversión de los tres proyectos productivos (\$)

Ítem	Lechuga Baby	Tomate cherry	Zapallo italiano
Invernadero	939.476	939.476	939.476
Mesones para cultivo en agua	1.532.994	nc	nc
Sala de proceso	1.531.111	nc	nc
Sistema fertirriego en sustratos	nc	955.471	955.471
Total inversión	4.003.581	1.894.947	1.894.947

nc: no corresponde al proyecto

Valores en pesos (\$) de abril de 2016, Precio de la UF = \$25.900

6.1.3 Costos de operación

Los costos de operación difieren entre los proyectos, dependiendo del número de ciclos productivos y de sus particularidades de utilización de insumos y mano de obra, según se muestra en el **Cuadro 11**.

En dicho cuadro se puede observar que un componente proporcionalmente importante de los costos de operación lo constituye la mano de obra, lo que implica la generación de empleo o autoempleo familiar.

Cuadro 11. Resumen de los costos de operación anual de los tres proyectos productivos (\$)

Ítem	Lechuga	Tomate cherry	Zapallo italiano
Mano de obra	5.580.000	605.500	1.282.500
Insumos	4.135.857	191.510	389.910
Otros	720.000	169.776	228.528
Total costos operación por año	10.435.857	966.786	1.900.938

Valores en pesos (\$) de abril de 2016, Precio de la UF = \$25.900

6.1.4 Estimación de ingresos brutos

Para la estimación de los ingresos se han considerado los rendimientos estimados según los ensayos productivos para cada cultivo. En el caso de la lechuga se ha considerado un rendimiento de 1.000 bolsas de 4 lechugas por semana, asumiendo una pérdida de 7%. El rendimiento por año resulta en 48.000 bolsas.

Respecto a los precios de venta para cada producto, estos fueron determinados mediante la recolección de información disponible en la región de Atacama, de productores que generaron ventas durante el período de 2015 para cultivos similares, debido a que no existe información

específica para los productos analizados en cuestión, estableciéndose los precios indicados. Para la determinación de los ingresos obtenidos directamente por la venta de la producción se tomaron aquellos rendimientos estudiados según su sistema utilizado. En el mismo sentido, la cantidad de ciclos que se logran obtener durante un año fueron determinados según las condiciones climáticas de la zona y un protocolo de manejo tal que permita desarrollar las tareas necesarias.

El resumen de ingresos proyectados por año para los tres proyectos se muestra en el **Cuadro 12**.

Cuadro 12. Ingresos anuales proyectados para los tres proyectos productivos

Proyecto productivo	Unidad de venta	Cantidad	Precio unitario (\$)	Ingreso bruto (\$)
Lechuga Baby (Mix)	Bolsa 4 unid.	48.000	300	14.400.000
Tomate cherry	Kg	2.160	1.400	3.024.000
Zapallo italiano "Árabe"	Unidad	43.200	80	3.456.000

6.1.5. Indicadores de rentabilidad

Los resultados obtenidos en el análisis de la unidad productiva referencial de 180 m² demuestran que todos los proyectos, sujetos a los supuestos utilizados para la determinación de los flujos, generan aumento en los ingresos de los productores siendo la mejor opción entre los cultivos estudiados la lechuga, seguido por tomate cherry y finalmente los zapallitos, como se presentan en el **Cuadro 13**.

El proyecto productivo de lechuga maximiza el Valor Actual Neto (VAN) generando una ganancia de \$9.791.736 durante un periodo de cinco años, sin embargo, es importante destacar que dicho proyecto es el que mayor

requerimientos de inversión requiere, teniendo un desembolso inicial de \$4.003.581, el doble a lo requerido en las alternativas de tomates cherry y zapallo italiano. Además, el periodo de recuperación de capital es mayor en comparación con las otras alternativas analizadas, por lo que se debe considerar también la capacidad de endeudamiento o poder de auto-financiamiento para invertir en cada proyecto.

El análisis comparativo en base a todos los indicadores en mayor detalle se puede consultar en el **Anexo 4**.

Cuadro 13. Resultados de indicadores para los cultivos “Baby”. Invernadero de 180 m², proyecto a 5 años.

Indicadores	Lechuga	Tomate cherry	Zapallo italiano
VAN	\$ 9.791.736	\$ 2.271.610	\$ 756.240
IVAN	2,45	1,09	0,36
TIR	39,17%	75,78%	43,42%
PRI	2,05	1,14	1,74
B/C	1,22	1,89	4,97

Este análisis se ha practicado con el rigor que amerita la decisión para realizar una inversión (**ver Anexo 4**), arrojando de todas maneras un resultado positivo de rentabilidad. Sin embargo, debe considerarse que, en la actividad agropecuaria, sobre todo si se trata de pequeña agricultura, es común que se

apliquen subsidios que abaratan la inversión al productor y que se tomen consideraciones como la generación del autoempleo familiar, con lo cual, parte de los costos como empresa se transforman en ganancia para el productor.

6.2 RENTABILIDAD DE USO DEL AGUA

Los sistemas sin suelo para producción de hortalizas de fruto permiten un uso más eficiente del agua, dado que existe la posibilidad de un mayor control del riego, en comparación a la situación común de cultivo en suelo, pero no se debe a una menor demanda de agua por parte del cultivo. En este aspecto, el sistema en sustratos tendría muy poca diferencia respecto a un cultivo en suelo que cuente

con un riego tecnificado correctamente calibrado que permita el óptimo uso del recurso hídrico.

En cambio, los sistemas hidropónicos para producir hojas normalmente gastan menos agua por unidad de cosecha, debido a que el producto comercial es diferente y se obtiene en menos tiempo (lechugas de menor tamaño) que en el sistema convencional.

- Mix de lechugas Baby, ciclo de 14 días, para producción de 30 bolsas, consumo de 2 litros/bolsa.

Caso de lechuga bajo sistema hidropónico:

- Precio de la unidad hidropónica = \$300
- Indicador de valor de producción del agua es $\$300/2 = \$150/\text{litro}$.

Caso lechuga bajo sistema tradicional en suelo:

- En lechuga de suelo (tipo milanesa), producción de 60.000 a 80.000 cabezas/ha, consumo entre 2.000 a 2.500 m³/ha en 60 días. Total, de 30 a 40 litros/planta.
- Precio de la unidad convencional = \$80.
- El valor de producción sería $80/40 = \$2/\text{litro}$.

En función de esto la rentabilización del recurso hídrico se ve muy superior en el caso de las hortalizas de hoja, al comparar los

sistemas hidropónicos y tradicionales sobre suelo, siendo 75 veces más rentable el uso de un litro de agua para la producción.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, y sobre la base de los objetivos planteados en el proyecto, se ha podido extraer las siguientes conclusiones:

- Existe factibilidad técnica para producir lechuga Baby, en sistema hidropónico de “raíz flotante” y de tomate cherry y zapallito italiano tipo “árabe” en cultivo sin suelo, utilizando un sustrato sólido de fibra de coco regado con solución nutritiva.
- El análisis de rentabilidad basado en supuestos de comercialización resulta positivo para lechuga, tomate cherry y zapallo italiano, decreciente en el mismo orden, demostrando una factibilidad económica para el desarrollo de dichas iniciativas, bajo los supuestos utilizados en la evaluación.
- La rentabilidad del uso del agua resulta claramente mayor en la producción de lechugas hidropónicas Baby, en comparación con las lechugas en suelo, dado que en la primera el producto se obtiene en un tiempo menor y con un gasto de agua muy inferior por unidad producida. No ocurre lo mismo en tomate y zapallo italiano, donde los consumos son muy similares a las referencias de cultivo en suelo. Existe, sin embargo, una posibilidad cierta de hacer un uso más eficiente del agua que en un cultivo en suelo por tener mejores posibilidades de ajustar y controlar las cantidades de agua utilizadas.
- En las condiciones de alta luminosidad de la región de Atacama, se puede producir lechuga (variedad Burovia) durante todo el año, incluso bajo plástico, sin que se presenten niveles de nitratos en las hojas por sobre los máximos establecidos por la Unión Europea. De acuerdo a antecedentes bibliográficos, otras variedades deberían seguir un patrón similar. Esto constituye una cualidad que podría ser utilizada a futuro en una estrategia de diferenciación como alimento saludable.
- El cultivo de hortalizas sin suelo, ya sea en agua o en sustratos sólidos entrega una alternativa productiva que puede ser de interés para los casos en que existen limitantes serias en la calidad de suelo. Problemas como alta salinidad, mal drenaje o problemas fitosanitarios como nematodos y enfermedades fungosas pueden ser evitados al trabajar sin suelo. De igual forma, el cultivo sin suelo puede ser una herramienta valiosa para mantener actividad productiva en situaciones forzadas como fue el caso de los aluviones que provocaron la paralización de la agricultura en vastos sectores de la Región de Atacama y que en algunos casos han significado un deterioro notable del recurso suelo.

8. REFERENCIAS

Rojas, C., A. Chacón, S. Moyano, P. Estay, P. Sepúlveda, J. Ormeño y S. González. 2007. Manejo de agroquímicos en sistemas hortícolas. 198 p. Boletín INIA N°167. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA La Platina, Santiago, Chile.

58

Carrasco, G., J. Tapia y M. Urrestarazu. 2006. Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos. IDESIA (Chile). 24(1):25-30.

Carrasco, G., J. Izquierdo. 1996. La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante ("NFT"). Manual Técnico, Universidad de Talca. FAO, Talca, Chile. p. 56-90.

Resh, H. 1987. Cultivos Hidropónicos. Segunda Edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 109 p.

Marulanda, C. y J. Izquierdo. 2003. Manual Técnico: La Huerta Hidropónica Popular. FAO, Santiago, Chile. 132 p.

Muro, J. 2012. Tecnologías de producción en CSS y sostenibilidad de estos sistemas. IDESIA (Arica), Chile. 30(1):3-6.

ASAGRIN, Consultores en Gestión de Agronegocios. 2007. Parte I. Estrategias regionales de competitividad por rubros. Hortalizas mercado interno Región de Atacacama (lechuga y zanahoria). Instituto de Desarrollo Agropecuario, INDAP. 46p. http://www.indap.gob.cl/extras/estrategias-por-rubro-2007/atacama/12Hortalizas_IIIRegion_EstrategiaRegionalporRubro.pdf

CCIRA-CIREN. 2015. Diseño de metodología para realización de catastro hortícola regional, determinación de oferta y demanda del sector y diseño de estrategias de competitividad asociadas a la actividad hortícola regional. Informe Consolidado. Corporación para la competitividad e innovación de la Región de Atacama, (CCIRA). 144 p.

Reckman, O. 2011. Fibra de coco, un sustrato con grandes ventajas. Redagrícola, noviembre de 2011.

Gallardo, M., M.D. Fernández, R.B. Thompson, J.J. Magán. 2007. Productividad del agua en cultivos bajo invernadero en la costa mediterránea. Vida Rural. 259:48-51.

Mazuela, P., L. Acuña, M. Álvarez, y Á. Fuentes. 2010. Producción y calidad de un tomate cherry en dos tipos de invernadero en cultivo sin suelo. IDESIA (Arica), Chile. 28(2):97-100.

Urrestarazu, M. 2012. Nuevas tendencias de los cultivos sin suelo y su estado en los países emergentes. <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/59959-Nuevas-tendencias-de-los-cultivos-sin-suelo-y-su-estado-en-los-paises-emergentes.html>

Universidad Nacional Agraria La Molina. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/>

Fernández, M., e I. Cuadrado. 1999. Cultivo sin suelo II. Curso Superior de Especialización. Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía-FIAPA-Caja Rural de Almería, España.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1. Análisis de agua de las localidades incluidas en el proyecto Anexos, Cuadro 1 Análisis de agua

60

Medición	Unidad medida	Pozo San Pedro Copiapó	Canal Nicolasa Huasco	Canal Compañía Huasco
Fecha muestreo		07-07-2015	19-03-2015	19-03-2015
pH		7,28	8,04	7,48
CE	dS/m	2,9	2,5	1,0
RAS corregida		4	5,5	1
Sodio porcentual	%	29,9	32,6	17,7
Dureza (CaCO ₃)	mg/L	1239	840	460

Cationes y aniones
(meq/L)

Calcio	meq/L	16,2	12,2	6,9
Magnesio	meq/L	8,5	4,6	2,3
Potasio	meq/L	0,2	0,12	0,09
Sodio	meq/L	10,6	8,2	2,0
Cloruro	meq/L	9,3	7,1	1,5
Sulfato	meq/L	22,1	13	7
Bicarbonato	meq/L	4,5	3,7	1,7

Cationes y aniones
(mg/L)

Calcio	mg/L	325	244	138
Magnesio	mg/L	103	56	28
Potasio	mg/L	7,0	5,0	4,0
Sodio	mg/L	246	189	46
Cloruro	mg/L	329	252	53
Sulfato	mg/L	1060	624	336
Bicarbonato	mg/L	280	226	104

Medición	Unidad medida	Pozo San Pedro Copiapó	Canal Nicolasa Huasco	Canal Compañía Huasco
Otras determinaciones				
N amoniacal	mg/L	2,2	2	1,9
N nítrico	mg/L	1,7	4,6	3,4
Fósforo	mg/L	0,07	0,06	0,04
Boro	mg/L	2,5	1,5	0,51
Cobre	mg/L	<0,01	0,02	0,01
Hierro	mg/L	0,25	0,03	0,05
Manganeso	mg/L	0,07	0,02	0,01
Zinc	mg/L	1,7	0,01	0,01

Resultados Laboratorio AGROLAB.

9.2. Anexo 2. Formulación y preparación de las soluciones nutritivas

La formulación se realiza a través de los siguientes pasos

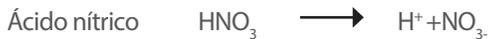
a) Regulación del pH, cálculo del ácido.

62

Se regula el pH en torno a 5,5 lo cual se logra rebajando la concentración de bicarbonatos del agua (HCO_3^-) a 0,5 miliequivalentes por litro (meq/L) mediante la aplicación de ácido.

Los ácidos más utilizados son el ácido fosfórico (H_3PO_4) y el ácido nítrico (HNO_3). En ocasiones es necesario utilizar ácido sulfúrico (H_2SO_4).

En los rangos de pH de las soluciones nutritivas la disociación de estos ácidos es:



La reacción de neutralización con el bicarbonato es:



Con esta reacción resultan destruidos tantos meq/L de HCO_3^- como meq/L de ácido se agreguen. El anhídrido carbónico (CO_2) resultante se pierde como gas, mientras que los aniones liberados nitrato (NO_3^-), fosfato diácido (H_2PO_4^-) y sulfato (SO_4^{2-}) quedan en la solución y corresponden a formas iónicas absorbibles por las plantas.

En función de su disociación, el peso del miliequivalente de cada ácido es el siguiente:

Compuesto puro	Fórmula química	Peso del meq de ácido (mg)	Aporte del elemento (mg)
Ácido nítrico	HNO_3	63	(N) 14
Ácido fosfórico	H_3PO_4	98	(P) 31
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	49	(S) 16

En la acidificación se prioriza el uso de ácido fosfórico para aportar el fósforo y se completa con alguno de los otros ácidos en caso necesario.

1 meq/L (98 mg/L) de ácido fosfórico puro aporta 31 mg/L de fósforo, por lo cual las concentraciones de este último en la solución nutritiva (30-60 mg/L) se logran con cantidades entre 1 y 2 meq/L de dicho ácido.

En caso que la cantidad de bicarbonatos a eliminar sea menor a 1 meq/L se deberá agregar otra fuente de fósforo, para no acidificar en exceso la solución.

Ejemplo de cálculo:

- Agua de pozo de San Pedro, Copiapó, tiene 4,5 meq/L de HCO_3^- .
- Se debe destruir 4 meq/L para que queden 0,5.
- Aplicar 1,4 meq/L de ácido fosfórico que aportan $1,4 \times 31 = 43$ mg/L de P.
- Complementar con 2,6 meq/L de ácido nítrico, que aportan $2,6 \times 14 = 36$ mg/L de N
- Transformar meq/L a mg/L de ácidos:
 - Peso del meq de ácido fosfórico = 98 mg, entonces, $1,4 \text{ meq/L} = 1,4 \times 98 = 137,2 \text{ mg/L}$
 - Peso del meq de ácido nítrico = 63 mg, entonces, $2,6 \text{ meq/L} = 2,6 \times 63 = 163,8 \text{ mg/L}$
- Calcular la cantidad de ácido comercial de acuerdo al grado de pureza.

Ácido fosfórico 85% (pureza 85%):

$$137,2/85\% = 161,4 \text{ mg/L (igual a } 161,4 \text{ g/m}^3\text{)}$$

Ácido nítrico 70% (pureza 70%):

$$163,8/70\% = 234 \text{ mg/L (igual a } 234 \text{ g/m}^3\text{)}$$

- Si se desea expresar la concentración de ácido en volumen, se utiliza el dato de densidad:

$$\begin{aligned} \text{Ácido fosfórico 85\% (densidad = 1,6 g/mL):} \\ \text{Dosis} = 161,4/1,6 &= 100 \text{ mL/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ácido nítrico 70\% (densidad = 1,4 g/mL):} \\ \text{Dosis} = 234/1,4 &= 167 \text{ mL/m}_3 \end{aligned}$$

b) Descuento de los aportes del agua de riego y cálculo de macroelementos

A partir del análisis de agua se puede conocer los contenidos de macroelementos que ya trae el agua, los que deben ser descontados al hacer el cálculo de los fertilizantes.

Para calcular los macroelementos se debe conocer el contenido de los elementos en los fertilizantes. La mayoría de los fertilizantes que aportan macroelementos expresan su riqueza en forma de óxidos o anhídridos (P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO) por lo cual se debe transformar estos valores mediante coeficientes que dan la relación de pesos entre estas moléculas y el elemento atómico (**Anexos, Cuadro 2**). No obstante, a continuación se incluye una lista de los principales fertilizantes utilizados en hidroponía y sus contenidos de elementos ya calculados (**Anexos, Cuadro 3**).

Anexos, Cuadro 2. Coeficientes para transformar contenidos de Oxido a Elemento.

Molécula		Coeficiente	=	Elemento
P_2O_5	x	0,436	=	P
K_2O	x	0,830	=	K
CaO	x	0,715	=	Ca
MgO	x	0,603	=	Mg

Ejemplo: Sulfato de potasio (50 % K_2O) \times 0,83 = 41,5 % K

c) Cálculo de microelementos

En general se prefiere trabajar con fertilizantes específicos que traen el conjunto de microelementos porque simplifica mucho la preparación de soluciones nutritivas.

Sin perjuicio de otros productos que puedan estar disponibles, se presenta la información de dos fertilizantes comerciales ofrecidos para aportar microelementos en concentraciones adecuadas para ser utilizados en hidroponía.

66

Fertilizante	Contenidos en el producto (%)						Cantidad (g/m ³)	Contenido en la solución nutritiva (ppm)					
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo		Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Anakel Mix	7,50	3,30	0,30	0,60	0,70	0,10	30	2,25	0,99	0,09	0,18	0,21	0,03
Disper	7,00	3,50	0,20	0,60	0,60	0,20	30	2,10	1,05	0,06	0,18	0,18	0,06
Rango referencial (Casas Castro)							Min	1,00	0,50	0,02	0,05	0,20	0,02
							Max	3,00	1,10	0,10	0,50	0,50	0,06

Anexos, Cuadro 3. Fertilizantes de uso común en hidroponía

Fertilizante molecular	Contenido (%)	Compatibilidad (Solución A o B)
Nitrato de Calcio	15,5% N, 19% Ca	A
Nitrato de potasio	13% N, 38% K	A o B
Nitrato de amonio	35% N	A o B
Nitrato de Magnesio	13% N, 11,5% Mg	A o B
Ácido nítrico 70%	15% N	A o B
Ácido fosfórico 85%	27% P	B
Fosfato monopotásico	23% P, 28% K	B
Fosfato monoamónico	26% P, 12% N	B
Sulfato de potasio	42% K, 18% S	B
Sulfato de magnesio	10% Mg, 13% S	B
Ultrasol multipropósito	18% N, 8% P, 15% K	B

9.3. Anexo 3. Cálculo del Déficit de Presión de Vapor (DPV)

El DPV se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$DVP = (1 - HR/100) \times 0,61708 \times e^{17,269 \times Ta / (Ta + 237,3)}$$

Donde, HR = humedad relativa, Ta = temperatura del aire. Y e = base del logaritmo neperiano (e = 2,71828...)

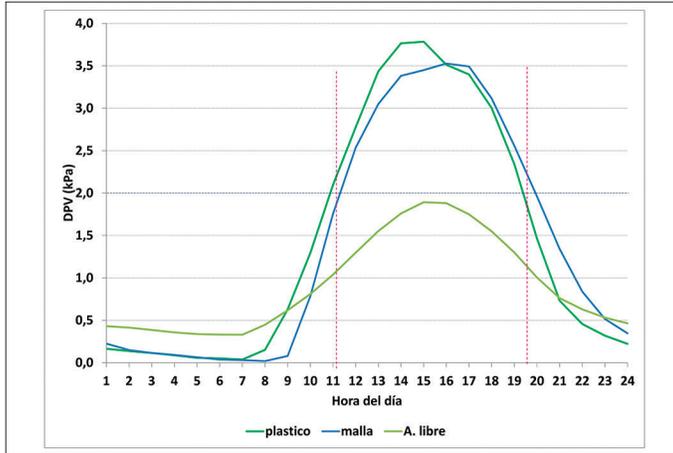
DPV en kilopascales (kPa)

Las referencias para tomate son:

Valor DPV (kPa)	Condición para las plantas
Menor de 0,2	Mucha humedad ambiental, riesgo de enfermedades
0,2 a 2	Adecuado
Mayor de 2	Riesgo de estrés hídrico

En el invernadero enmallado e invernadero de plástico se registraron las temperaturas y humedad relativa mediante el uso de sensores del tipo Keytag, mientras que al aire libre se utilizó la información de la Estación Meteorológica Huasco de la Red Agromet INIA.

Los datos promedios de temperatura y humedad relativa del aire para las 24 horas del día del mes de enero de 2016 bajo las tres condiciones de manejo establecidas en el Centro Experimental Huasco se muestran en el **Anexos, Cuadro 4** y los DPV calculados a partir de estos datos se grafican en el **Anexos, Figura 1**.



Anexos, Figura 1. Déficit de presión de vapor (DPV) por hora del día (promedio mensual), obtenido para las tres condiciones de cultivo durante el mes de enero de 2016, en el Centro Experimental Huasco.

Anexos, Cuadro 4. Datos de temperatura y humedad relativa del aire promedios por hora para tres condiciones en el mes de enero de 2016, Centro experimental Huasco.

Hora del día	Invernadero plástico		Invernadero malla		Aire libre	
	T (°C)	HR (%)	T (°C)	HR (%)	T (°C)	HR (%)
0	14,8	90,3	15,2	87,1	15,4	75,6
1	14,5	91,7	14,6	91,1	15,0	75,9
2	14,2	93,0	14,3	93,0	14,5	76,8
3	13,8	94,4	14,1	94,4	14,0	77,8
4	13,3	96,2	13,8	96,0	13,7	78,6
5	13,4	96,7	13,2	97,5	13,4	78,7
6	13,2	97,6	13,2	98,0	13,3	78,6
7	15,3	91,3	13,0	98,7	14,9	73,8
8	19,8	73,0	14,9	95,3	16,9	68,1
9	24,0	57,1	22,1	70,8	18,9	63,2
10	27,9	44,9	28,1	54,4	20,8	58,2
11	30,6	37,5	31,6	46,0	22,6	53,3
12	32,9	32,0	33,4	41,2	24,2	49,0
13	33,9	29,5	34,3	38,1	25,3	46,0
14	33,9	29,2	34,2	36,8	25,9	44,1
15	32,9	30,4	34,5	36,1	25,9	44,2
16	32,4	30,8	34,2	35,8	25,3	46,1
17	31,0	33,6	32,9	38,2	24,2	49,2
18	28,2	39,4	30,2	41,1	22,7	53,5
19	24,0	51,2	27,2	46,2	20,8	59,5
20	19,3	67,7	23,6	54,3	18,9	65,5
21	17,3	77,1	20,1	64,7	17,8	69,3
22	16,2	82,9	17,6	74,7	16,8	72,5
23	15,3	87,4	16,3	81,5	16,0	74,7

9.4. Anexo 4. Metodologías y memorias de cálculo para los análisis económicos.

Para la obtención de aquellos indicadores que permitan realizar una toma de decisión con información robusta respecto a diferentes posibilidades, se utilizó los costos de implementación para los distintos sistemas de producción para cada hortaliza evaluada durante el proyecto, estos son los sistemas de “raíz flotante” para el caso de lechugas y “mangas de sustrato” para tomates cherry y zapallos italianos. En este sentido se realizó un flujo de caja proyectado a 5 años, donde se incluye la inversión, costos de producción, impuestos e ingresos directos de venta, con los cuales se obtuvieron los indicadores para tomar la decisión para invertir.

Para la determinación de los ingresos obtenidos se consideraron los siguientes rendimientos

Anexos, Cuadro 5. Rendimiento y ciclos potenciales para una temporada agrícola de las hortalizas “Baby” investigadas.

Cultivo	Rendimiento/ciclo	Ciclos	Rendimiento Total
Lechugas	1.000 (Mix/4 Un.)	48	48.000 (Mix/4 Un.)
Zapallo italiano	10.800 (Un.)	4	43.200 (Un.)
Tomate cherry	2.160 (kg)	1	2.160 (kg)

Se consideraron supuestos para la determinación de los indicadores típicos para la evaluación de proyectos, es así que se utilizó una tasa de descuento del 20%, dicho valor es la tasa de interés mínima aplicada para créditos a microempresas por Banco Estado, para montos entre 2 a 5 millones con un plazo mayor a 90 días y hasta 24 meses. Dicha tasa de mercado se asume como aquella rentabilidad mínima exigible para la aprobación de una inversión, la cual incluye una inflación proyectada, motivo por el cual los flujos de caja se proyectaron de manera constante en el tiempo. Se asumió un régimen impositivo bajo la modalidad de renta presunta asumiendo un valor de 50 millones por hectárea, lo que aplica un 10% del valor de la superficie en impuestos y un impuesto de 19% al valor agregado (IVA), que se devengan el IVA crédito de las compras realizadas para el ejercicio de la producción y el IVA débito para los ingresos obtenidos directamente de la producción.

Los precios de venta para cada producto fueron los indicados en **Anexos, Cuadro 6**

Anexos, Cuadro 6. Supuestos utilizados para la obtención de indicadores para los cultivos “Baby”.

Cultivo	Precio	IVA	Valor ha.	Imp. Renta presunta	Tasa descuento
Lechuga	\$300 (Mix variedades)	19%	\$50.000.000	10%	20%
Zapallo italiano	\$ 80 (Un.)	19%	\$50.000.000	10%	20%
Tomate cherry	\$1.400 (Kg.)	19%	\$50.000.000	10%	20%

El flujo de caja fue elaborado conforme a los manejos técnicos realizados durante el periodo de investigación, identificando los costos necesarios para la producción bajo un sistema de uso eficiente de los recursos productivos (agua y nutrientes), como también las fuentes de ingreso exclusivas de la producción de los cultivos tipo “Baby”. Considerando como inversión la construcción del invernadero y según el sistema de producción, la construcción de mesones o implementación del sistema de sustrato regado. En el caso de los costos de producción se dividió entre costos variables, los cuales tienen plena relación con la escala productiva, como fertilizantes, semillas, agroquímicos y manejos propios del cultivo (determinadas en jornadas hombre) y costos fijos, los cuales no guardan relación con la escala productiva, determinando como tal aquellos gastos administrativos y de venta (considerando un 5% del total de ventas) y la contratación de seguros. Luego se aplicó el cargo respecto al régimen de impuestos obligatorios para el ejercicio de la actividad, siendo el impuesto al valor agregado (IVA) y renta presunta, para finalmente determinar el resultado final de cada temporada, generando un dato para cada año y el acumulativo de estos.

Modelo que se presenta en **Anexos, Cuadro 7**, a continuación:

Anexos, Cuadro 7. Cuadro modelo utilizado para la elaboración del flujo de caja para cada cultivo "Baby" investigado.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
Ingresos por venta						
Costos fijos						
Costos variables						
Utilidades antes de impuesto						
IVA crédito						
IVA débito						
Impuestos*						
Utilidades después de impuestos						
Flujo acumulado						

Indicadores utilizados e interpretación de resultados

Los indicadores obtenidos y utilizados para la evaluación económica de los sistemas y cultivos fueron los siguientes:

Valor Actual Neto (VAN)
$$(VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{ING_t}{(1+r)^t})$$

I_0 : Inversión inicial; t : periodo; n : periodos de evaluación; ING_t : Ingreso del periodo; r : Tasa de descuento.

Índice de Exceso al Valor Actual Neto (IVAN)
$$IVAN = \frac{VAN}{I_0}$$

VAN : Valor Actual Neto; I_0 : Inversión inicial.

Tasa Interna de Retorno (TIR)
$$TIR \rightarrow VAN(r) = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{ING_t}{(1+r)^t} = 0$$

I_0 : Inversión inicial; t : periodo; n : periodos de evaluación; ING : Flujo de caja del periodo; r : Tasa de descuento con la ecuación igual a 0.

Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)
$$PRI(t) = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{ING_t - EGR_t}{(1+r)^t} = 0$$

I_0 : Inversión inicial; t : periodo donde la ecuación es igual a 0; n : periodos de evaluación; ING_t : Ingresos del periodo; EGR_t : Egresos del periodo; r : Tasa de descuento.

Respecto a los a los ejercicios realizados para generar la evaluación económica para los cultivos aquí en estudio, se identificaron los indicadores financieros más robustos que permitan generar tomas de decisión con mayor información por parte del agricultor. En este sentido se desarrolló el cálculo de los siguientes indicadores, asumiendo su valor en la entrega de información;

Anexos, Cuadro 8. Definición de indicadores utilizados para la evaluación.

Indicador	Valor de información	Criterio de selección
VAN	Permite determinar la ganancia de la riqueza que aporta el proyecto, realizando el descuento de los flujos para ser medido en el periodo inicial ($t=0$).	VAN menor a cero se rechaza VAN igual a cero es indiferente dado que no genera ni se pierde riqueza. VAN positivo se acepta, dado que genera aumento en la riqueza. Se debe optar por el VAN mayor.
IVAN	Mediante este indicador se puede inferir la retribución que se obtiene directamente del aumento en la riqueza por cada peso invertido, siendo muy útil en el escenario de tener que seleccionar entre diversos proyectos y disponer con recursos limitados para invertir.	IVAN menor a cero (0) indica la pérdida generada por cada peso invertido. IVAN mayor a cero (0) determina la ganancia generada por cada peso invertido. Se debe optar por el mayor IVAN entre proyectos.
TIR	Entrega la rentabilidad media intrínseca del proyecto evaluado.	Se aceptan los proyectos donde la TIR calculada es mayor a la tasa de descuento utilizada.
PRI	Identifica el momento en el cual mediante los flujos de ingresos y egresos del ejercicio estimados se completa el pago de la inversión inicial.	Se debe minimizar el periodo de recuperación por lo cual el criterio de selección entre proyectos debe ser menor PRI.
B/C	Determina la razón entre los ingresos netos y egresos netos del ejercicio evaluado.	B/C mayor a uno (1), implica que el beneficio es mayor a los costos de operación. B/C menor a uno (1), el costo operativo del proyecto es mayor que los beneficios obtenidos. Se deben optar por el B/C mayor a uno (1) y entre proyectos el máximo.

Los resultados obtenidos demuestran que todos los proyectos, sujeto a los supuestos utilizados para la determinación de los flujos, generan aumento en los ingresos de los productores siendo la mejor opción entre los cultivos estudiados la lechuga, seguido por Tomates cherry y finalmente los Zapallos italianos. Como se presentan en **Anexos, Cuadro 9**. En general la producción de Lechugas mostró tener los mejores indicadores en aquellos más robustos, generando mayor riqueza, rentabilizando mayormente cada peso invertido, sin embargo debido a su mayor inversión inicial el periodo de recuperación de capital es mayor en comparación de las otras alternativas analizadas. Respecto a la relación o razón Beneficio-Costo (B/C), el mejor indicador es para el caso de los Zapallos Italianos, lo cual se da debido a sus bajos costos en relación a las otras alternativas, al analizar una temporada completa. Sin embargo al como se aprecia este cultivo es el de menor VAN, por lo que es el que menor riqueza genera, obteniendo un IVAN de sólo 0,36. Respecto a la Tasa Interna de Retorno (TIR) muestra que los Tomates Cherry logran la mayor tasa, sin embargo este indicador por sí sólo no permite discriminar entre proyectos diferentes, debido a sus escalas o vida útil. En dicho sentido es importante entender que el criterio utilizado como se comenta en el Cuadro 4 permite realizar la aceptación o no de un proyecto, siempre que la TIR sea mayor que la tasa mínima exigible.

El proyecto Lechuga maximiza el Valor Presente Neto (VAN) generando una ganancia de nueve millones setecientos noventa y un mil setecientos treinta y seis pesos (\$ 9.791.736) durante un periodo de cinco años, sin embargo, es importante destacar que dicho proyecto es el de mayor requerimiento de inversión, teniendo un desembolso inicial cercano a los cuatro millones de pesos (\$ 4.003.581), casi el doble a lo requerido en las alternativas de Tomates Cherry y Zapallo Italiano (\$ 2.078.168 a valor presente). Por lo que se debe considerar también la capacidad de endeudamiento o poder de auto-financiamiento para invertir en cada proyecto.

Anexos, Cuadro 9. Resultados de indicadores para los cultivos "Baby".

Indicadores	Lechuga	Zapallo italiano	Tomate cherry
VAN	\$ 9.791.736	\$ 756.240	\$ 2.271.610
IVAN	2,45	0,36	1,09
TIR	39,17%	43,42%	75,78%
PRI	2,05	1,74	1,14
B/C	1,22	4,97	1,89

Proyecto en lechuga

Flujo de caja y aplicación de indicadores de rentabilidad

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Inversión	\$ 4.003.581	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ingresos por venta	\$ -	\$ 14.400.000	\$ 14.400.000	\$ 14.400.000	\$ 14.400.000	\$ 14.400.000
(Costos fijos)	\$ -	\$ 728.184	\$ 728.184	\$ 728.184	\$ 728.184	\$ 728.184
(Costos variables)	\$ -	\$ 9.707.673	\$ 9.707.673	\$ 9.707.673	\$ 9.707.673	\$ 9.707.673
Utilidad antes de impuestos	\$ -	\$ 3.964.143	\$ 3.964.143	\$ 3.964.143	\$ 3.964.143	\$ 3.964.143
IVA crédito	\$ -	\$ 843.134	\$ 779.593	\$ 779.593	\$ 779.593	\$ 779.593
IVA débito	\$ -	\$ 2.736.000	\$ 2.736.000	\$ 2.736.000	\$ 2.736.000	\$ 2.736.000
Impuesto (rent. Presunta)	\$ -	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000
Utilidad despues de impuestos	-\$ 4.003.581	\$ 1.981.276	\$ 1.917.736	\$ 1.917.736	\$ 1.917.736	\$ 1.917.736
Flujo acumulado	-\$ 4.003.581	-\$ 2.022.305	-\$ 104.569	\$ 1.813.167	\$ 3.730.903	\$ 5.648.639

Indicadores	
VAN	9.791.736
IVAN	2,45
TIR	39,17%
B/C	1,22
PayBack	2,05

Tasa de Interes	20,00%
Rdto Lechugas	4.000
Precio Pack Lechuga	\$ 300
Periodo	12
Superficie	0,018
Valor terreno	\$ 50.000.000
Renta presunta	10%
IVA	19%

Detalle de costos

1. Inversiones: Construcción de Invernadero tipo capilla de 6m x 30m con lucernas

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Materiales				
Varas de Eucaliptus 4-5"	8	U.	\$ 5.000	\$ 40.000
Polin 3 a 4" x 2,44 m	60	U.	\$ 2.412	\$ 144.720
Pino dimen. 4x1" x 3,2 mts.	104	U.	\$ 1.145	\$ 119.080
Tablillas	96	U.	\$ 180	\$ 17.280
Clavos 3"	4	Kg	\$ 950	\$ 3.800
Clavos 2,5"	4	Kg	\$ 774	\$ 3.096
Clavos 1,5"	4	Kg	\$ 1.000	\$ 4.000
PE Tricapa uv 2t 220x150 cm	1,5	Unid.	\$ 175.000	\$ 262.500
Mano de obra				
Marcar invernadero	1	Jh	\$ 15.000	\$ 15.000
Hoyadura de postes	2	Jh	\$ 15.000	\$ 30.000
Levantar estructura	12	Jh	\$ 15.000	\$ 180.000
Colocación de plástico	8	Jh	\$ 15.000	\$ 120.000
Total inversión invernadero				\$ 939.476

Construcción de mesones				
Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Materiales				
Polin 3 a 4" x 2,44 m	72	U.	\$ 2.412	\$ 173.664
Pino dimen. 4x1" x 3,2 mts.	252	U.	\$ 1.145	\$ 288.540
Osب estruct. 11,1 mm 122x244 cm	54	U.	\$ 7.553	\$ 407.862
PE negro 14 x130	126	U.	\$ 1.559	\$ 196.434
Manguera 1"	18	m	\$ 880	\$ 15.840
Manguera 1 1/4"	18	m	\$ 1.200	\$ 21.600
Salida estanque 25 mm x 3/4 cm HE	18	U.	\$ 1.109	\$ 19.962
Buje reduccion 1 1/4 x 3/4 HE/HI	18	U.	\$ 1.219	\$ 21.942
Niple pvc 3/4	18	U.	\$ 188	\$ 3.384
T HI plana 1 1/4	18	U.	\$ 579	\$ 10.422
Bomba de lavadora 34 W c/filtro	18	U.	\$ 8.908	\$ 160.344
Timer	3	U.	\$ 11.000	\$ 33.000
Mano de obra	12	Jh	\$ 15.000	\$ 180.000
Total inversión mesones				\$ 1.532.994

Detalle de costos

Inversión sala de envasado	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
<i>Mano de obra (día)</i>	5	día	\$ 15.000	\$ 75.000
<i>Implementacion planta</i>	4	m2	\$ 277.778	\$ 1.111.111
Mesón	1	Unidad	\$ 100.000	\$ 100.000
Lavamanos	1	Unidad	\$ 100.000	\$ 100.000
Lavacopas	1	Unidad	\$ 70.000	\$ 70.000
Dispensadores (jabon, toalla nova)	1	Unidad	\$ 25.000	\$ 25.000
Extintor	1	Unidad	\$ 50.000	\$ 50.000
Total				\$ 1.531.111
TOTAL INVERSIONES				\$ 4.003.581
IVA crédito				\$ 646.680

2. OPERACIÓN: Una fase o semana de cosecha

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Insumos				
Semillas	5.000	Unid.	\$ 2,8	\$ 13.840
Turba	20	litro	\$ 60,0	\$ 1.200
Perlita	10	litro	\$ 97,0	\$ 970
Bandeja	17	Unid.	\$ 61,9	\$ 1.053
Cubito espuma plástica 3 x 3 x2	4.320	Unid.	\$ 4,0	\$ 17.280
Poliestireno expandido 1x0,5 mts x 0,3 mm	72	Unid.	\$ 40,5	\$ 2.915
Solución nutritiva (6 x 6 m2 x 4 cm)	1,44	m3	\$ 989,0	\$ 1.424
Energía eléctrica	6,2	kWh	\$ 110,0	\$ 682
Mano de obra				
Preparación y siembra bandejas	1	jh	\$ 15.000	\$ 15.000
Preparación cubos y trasplante	2,5	jh	\$ 15.000	\$ 37.500
Prep solución nutritiva y llenado estanques	0,25	jh	\$ 15.000	\$ 3.750
Cosecha y empacado	2	jh	\$ 15.000	\$ 30.000
Mantenición-limpieza	0,5	jh	\$ 15.000	\$ 7.500
Otras generales	0,5	jh	\$ 15.000	\$ 7.500
Otros				
Gastos de administración y ventas	5%	% ventas		\$ 60.000
Total operación (insumos + mano de obra+otros)				\$ 140.614
(costo por bolsa de 4 lechugas)				\$ 141
Total costos operación mensual (4 producciones)				\$ 10.435.857

Costos Post cosecha				
Proceso	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Hipoclorito de sodio (lavado)	3	Lt	\$ 600	\$ 1.800
Bolsas	1000	Unidad	\$ 45	\$ 45.000
Mano de obra	1	días	\$ 15.000	\$ 15.000
Total				\$ 61.800
Total costos fijos				\$ 728.184
Total costos variables				\$ 9.707.673
IVA crédito				\$ 196.453
IVA débito				\$ 2.736.000

Proyecto en tomate cherry

Flujo de caja y aplicación de indicadores de rentabilidad

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Inversión	\$ 1.894.893	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 380.640	\$ -
Ingresos por venta	\$ -	\$ 3.024.000	\$ 3.024.000	\$ 3.024.000	\$ 3.024.000	\$ 3.024.000
(Costos fijos)	\$ -	\$ 173.076	\$ 173.076	\$ 173.076	\$ 173.076	\$ 173.076
(Costos variables)	\$ -	\$ 793.710	\$ 793.710	\$ 793.710	\$ 793.710	\$ 793.710
Utilidad antes de impuestos	\$ -	\$ 2.057.214	\$ 2.057.214	\$ 2.057.214	\$ 1.677.174	\$ 2.057.214
IVA crédito	\$ -	\$ 307.440	\$ 35.760	\$ 35.760	\$ 107.968	\$ -
IVA débito	\$ -	\$ 574.560	\$ 574.560	\$ 574.560	\$ 574.560	\$ 574.560
Impuesto (rent. Presunta)	\$ -	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000
Utilidad despues de impuestos	-\$ 1.894.893	\$ 1.700.094	\$ 1.428.414	\$ 1.428.414	\$ 1.120.582	\$ 1.428.414
Flujo acumulado	-\$ 1.894.893	-\$ 194.799	1.233.614	2.662.028	3.782.610	5.211.024

Indicadores	
VAN	2.271.610
IVAN	1,09
TIR	75,78%
B/C	1,89
PayBack	1,14

Tasa de Interes	20,00%
Rdto Tomate	120.000
Precio Tomate	\$ 1.400
Superficie	0,018
Valor terreno	\$ 50.000.000
Renta presunta	10%

Detalle de costos

1. Inversiones: Construcción de Invernadero tipo capilla de 6m x 30m con lucarnas

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Materiales				
Varas de Eucaliptus 4-5"	8	U.	\$ 5.000	\$ 40.000
Polin 3 a 4" x 2,44 m	60	U.	\$ 2.412	\$ 144.720
Pino dimen. 4x1" x 3,2 mts.	104	U.	\$ 1.145	\$ 119.080
Tablillas	96	U.	\$ 180	\$ 17.280
Clavos 3"	4	Kg	\$ 950	\$ 3.800
Clavos 2,5"	4	Kg	\$ 774	\$ 3.096
Clavos 1,5"	4	Kg	\$ 1.000	\$ 4.000
PE Tricapa uv 2t 220x150 cm	1,5	U.	\$ 175.000	\$ 262.500
Mano de obra				
Marcar invernadero	1	Jh	\$ 15.000	\$ 15.000
Hoyadura de postes	2	Jh	\$ 15.000	\$ 30.000
Levantar estructura	12	Jh	\$ 15.000	\$ 180.000
Colocación de plástico	8	Jh	\$ 15.000	\$ 120.000
Total inversión invernadero				\$ 939.476
Sistema de riego				
Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Materiales				
Estanque 1.000 L	2	U	\$ 100.000	\$ 200.000
Estanque 200 L	2	U	\$ 25.000	\$ 50.000
Bolsas fibra de coco	120	U	\$ 3.167	\$ 380.040
Electrobomba 0,5 HP	1	U	\$ 59.390	\$ 59.390
Tubería Hidráulica PVC 32mm PN10	2	Tira 6 m	\$ 3.275	\$ 6.550
Cañería PE 16 mm	200	m	\$ 98	\$ 19.600
Goteros Netafim 4l/h PC	480	U	\$ 100	\$ 48.000
Microtubo 4 mm	240	m	\$ 92	\$ 22.080
Manómetro	1	U	\$ 7.162	\$ 7.162
Válvula de Bola 1"	1	U	\$ 2.795	\$ 2.795
Válvula de compuerta 1"	1	U	\$ 3.200	\$ 3.200
Filtro 1"	1	U	\$ 3.600	\$ 3.600
Fittings	1	Global	\$ 22.000	\$ 22.000
Timer digital	1	U	\$ 11.000	\$ 11.000
Mano de obra				
conformación de mesas	1	Jh	\$ 15.000	\$ 15.000
Colocación mulch y bolsas de fibra de coco	1	Jh	\$ 15.000	\$ 15.000
implementación sistema de fertirrigación	6	jh	15.000	90.000
Total inversión sistema de riego				\$ 955.417
TOTAL INVERSIONES				
				\$ 1.894.893
IVA crédito				
				\$ 271.680

2. OPERACIÓN

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Insumos				
Plantas	480	U	\$ 140	\$ 67.200
Solución nutritiva	90	m3	\$ 989	\$ 89.010
Energía eléctrica	30	kWh	\$ 110	\$ 3.300
Insecticidas (proporcional)	1	Global	\$ 6.000	\$ 6.000
Fungicidas (proporcional)	1	Global	\$ 6.000	\$ 6.000
Varios (gareta, Rukam, etc)	1	Global	\$ 20.000	\$ 20.000
Mano de obra				
Trasplante	0,5		\$ 15.000	\$ 7.500
Prep solución nutritiva y llenado estanques	12		\$ 15.000	\$ 180.000
Poda	8		\$ 15.000	\$ 120.000
Amarra	3		\$ 15.000	\$ 45.000
Cosecha (costo por kg cosechado)	2200	kg	\$ 40	\$ 88.000
Hormoneo en invierno	1		\$ 15.000	\$ 15.000
Aplicación fitosanitarios	3		\$ 15.000	\$ 45.000
Manejo de cortinas	3		\$ 15.000	\$ 45.000
Otras generales	4		\$ 15.000	\$ 60.000
Otros				
Gastos de administración y ventas	5%	% ventas		\$ 151.200
Seguros	1	U.	\$ 18.576	\$ 18.576
Total operación (insumos + mano de obra)				\$ 966.786
Total costos fijos				\$ 173.076
Total costos variables				\$ 793.710
IVA crédito				\$ 35.760
IVA débito				\$ 574.560

Proyecto en zapallo italiano

Flujo de caja y aplicación de indicadores de rentabilidad

82

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Inversión	\$ 1.894.893	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 380.040	\$ -
Ingresos por venta	\$ -	\$ 3.456.000	\$ 3.456.000	\$ 3.456.000	\$ 3.456.000	\$ 3.456.000
(Costos fijos)	\$ -	\$ 231.828	\$ 231.828	\$ 231.828	\$ 231.828	\$ 231.828
(Costos variables)	\$ -	\$ 1.669.110	\$ 1.669.110	\$ 1.669.110	\$ 1.669.110	\$ 1.669.110
Utilidad antes de impuestos	\$ -	\$ 1.555.062	\$ 1.555.062	\$ 1.555.062	\$ 1.175.022	\$ 1.555.062
IVA crédito	\$ -	\$ 396.607	\$ 124.927	\$ 124.927	\$ 124.927	\$ 124.927
IVA débito	\$ -	\$ 656.640	\$ 656.640	\$ 656.640	\$ 656.640	\$ 656.640
Impuesto (rent. Presunta)	\$ -	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000	\$ 90.000
Utilidad despues de impuestos	-\$ 1.894.893	\$ 1.205.029	\$ 933.349	\$ 933.349	\$ 553.309	\$ 933.349
Flujo acumulado	-\$ 1.894.893	-\$ 689.864	-\$ 243.484	\$ 1.176.833	\$ 1.730.142	\$ 2.663.491

Indicadores	
VAN	756.240
IVAN	0,36
TIR	43,42%
B/C	1,36
PayBack	1,74

Tasa de Interes	20,00%
Rdto Zapallo Ita.	43.200
Precio Unid. Zapallo	\$ 80
Superficie	0,018
Valor terreno	\$ 50.000.000
IVA	19%
Renta presunta	10%

Detalle de costos

1. Inversiones: Construcción de Invernadero tipo capilla de 6m x 30m con lucernas

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Materiales				
Varas de Eucaliptus 4-5"	8	U.	\$ 5.000	\$ 40.000
Polin 3 a 4" x 2,44 m	60	U.	\$ 2.412	\$ 144.720
Pino dimen. 4x1" x 3,2 mts.	104	U.	\$ 1.145	\$ 119.080
Tablillas	96	U.	\$ 180	\$ 17.280
Clavos 3"	4	Kg	\$ 950	\$ 3.800
Clavos 2,5"	4	Kg	\$ 774	\$ 3.096
Clavos 1,5"	4	Kg	\$ 1.000	\$ 4.000
PE Tricapa uv 2t 220x150 cm	1,5	U.	\$ 175.000	\$ 262.500
Mano de obra				
Marcar invernadero	1	Jh	\$ 15.000	\$ 15.000
Hoyadura de postes	2	Jh	\$ 15.000	\$ 30.000
Levantar estructura	12	Jh	\$ 15.000	\$ 180.000
Colocación de plástico	8	Jh	\$ 15.000	\$ 120.000
Total inversión invernadero				\$ 939.476
Sistema de riego				
Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)
Materiales				
Estanque 1.000 L	2	U	\$ 100.000	\$ 200.000
Estanque 200 L	2	U	\$ 25.000	\$ 50.000
Bolsas fibra de coco	120	U	\$ 3.167	\$ 380.040
Electrobomba 0,5 HP	1	U	\$ 59.390	\$ 59.390
Tubería Hidráulica PVC 32mm PN10	2	Tira 6 m	\$ 3.275	\$ 6.550
Cañería PE 16 mm	200	m	\$ 98	\$ 19.600
Goterros Netafim 4l/h PC	480	U	\$ 100	\$ 48.000
Microtubo 4 mm	240	m	\$ 92	\$ 22.080
Manómetro	1	U	\$ 7.162	\$ 7.162
Válvula de Bola 1"	1	U	\$ 2.795	\$ 2.795
Válvula de compuerta 1"	1	U	\$ 3.200	\$ 3.200
Filtro 1"	1	U	\$ 3.600	\$ 3.600
Fittings	1	Global	\$ 22.000	\$ 22.000
Timer digital	1	U	\$ 11.000	\$ 11.000
Mano de obra				
conformación de mesas	1	Jh	\$ 15.000	\$ 15.000
Colocación mulch y bolsas de fibra de coco	1	Jh	\$ 15.000	\$ 15.000
implementación sistema de fertiirrigación	6	jh	15.000	90.000
Total inversión sistema de riego				\$ 955.417
TOTAL INVERSIONES				
				\$ 1.894.893
IVA crédito				
				\$ 271.680

2. OPERACIÓN

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio unit.(\$)	Costo (\$)/ciclo	Costo (\$)/anual
Insumos					
Plantas	480	U	\$ 140	\$ 67.200	\$ 201.600
Solución nutritiva	30	m3	\$ 989	\$ 29.670	\$ 89.010
Energía eléctrica	10	kWh	\$ 110	\$ 1.100	\$ 3.300
Insecticidas (proporcional)	1	Global	\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 18.000
Fungicidas (proporcional)	1	Global	\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 18.000
Varios	1	Global	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 60.000
Mano de obra					
Trasplante	0,5	jh	\$ 15.000	\$ 7.500	\$ 22.500
Prep solución nutritiva y llenado estanques	4	jh	\$ 15.000	\$ 60.000	\$ 180.000
Poda	2	jh	\$ 15.000	\$ 30.000	\$ 90.000
Cosecha	18	jh	\$ 15.000	\$ 270.000	\$ 810.000
Aplicación fitosanitarios	1	jh	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 45.000
Manejo de cortinas	1	jh	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 45.000
Otras generales	2	jh	\$ 15.000	\$ 30.000	\$ 90.000
Otros					
Gastos de administración y ventas	5%	% ventas			\$ 172.800
Seguros	3	U.	\$ 18.576		\$ 55.728
Total operación (insumos + mano de obra)					\$ 1.900.938
Total costos fijos					\$ 231.828
Total costos variables					\$ 1.669.110
IVA crédito					\$ 124.927
IVA débito					\$ 656.640

