

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE RIEGO POR MEDIO DE RADIACIÓN UV PARA USO EN HORTALIZAS

Arturo Campos M.

Ing. Agr. M.Sc.

INIA La Platina

La producción de hortalizas se ha convertido en una importante actividad económica del sector agropecuario, en especial en áreas cercanas a los centros de consumo como son las grandes ciudades. Los cambios en los hábitos de consumo de la población y las fuertes campañas publicitarias orientadas a combatir la obesidad han determinado que la demanda por estos alimentos haya crecido de manera importante en nuestro país. Sin embargo, las hortalizas de hojas han presentado algunas dificultades especialmente en la Región Metropolitana, pues la calidad del agua utilizada para riego cuenta con una cantidad importante de patógenos que dificultan su producción en gran escala. La elevada presencia de coliformes fecales, y otros microorganismos, dieron origen al establecimiento de decretos y normativas que impiden la producción de las hortalizas que crecen a ras de suelo y que se consumen crudas, a menos que se sean producidas con agua de pozo y cumplan con la normativa. Esta situación da origen a que exista una restricción en la superficie a utilizar con estas especies, en una zona en que la población consumidora no sólo aumenta, sino que también se prevé un fuerte crecimiento de la misma en un plazo, relativamente breve.

La situación anterior tiene dos efectos inmediatos: primero, el limitar las posibilidades de producción en áreas de la Región Metropolitana que presenta una tradición en la producción de estos cultivos afectando los ingresos de la población rural especialmente la de pequeños productores. Por otra parte, el concentrar la producción de estas hortalizas en otras regiones del país, para satisfacer la demanda de la Región Metro-

politana, encarece significativamente los costos, no sólo de los insumos utilizados, sino que además los de la comercialización, especialmente los de transporte, a los cuales deben ser agregados los de ingreso a los mercados mayoristas, y personal que supervisa la comercialización de estos productos en los mercados mayoristas.

Se agrega, el hecho que durante los últimos años, la zona Central de Chile se ha visto sometida a una fuerte sequía, que ha limitado el uso de agua de pozo dada la disminución de los caudales de éstos y con ello limitando las posibilidades de expandir la superficie hortícola, lo cual permitiría, aumentar la oferta, regularla en el tiempo y mejorar de esta manera la creciente demanda por este tipo de alimentos.

Por otra parte, la empresa agropecuaria es una típica tomadora de precios, caracterizada por enfrentar mercados en los cuales tiene escasa información, siendo esta además asimétrica, en la que los precios de los productos enfrentan una alta variabilidad entre años y dentro de la temporada. Esta situación ha ido cambiando, dado que existen programas gubernamentales que propenden a mejorar el conocimiento por parte de los productores de las condiciones de comercialización de sus productos. Se agrega un componente de gran importancia, los productores generalmente no cuentan con registros productivos lo suficientemente claros que permita al final del ciclo productivo, los resultados económicos de la gestión.

Con este propósito se desarrolló un sistema de riego que permite usar una tecnología para tratar el agua de cursos superficiales por medio un filtro de radiación ultravioleta que permite desinfectar el agua previo al riego, disminuyendo de manera significativa la presencia de coliformes y otros potenciales patógenos. Con ello se mejora la calidad del agua y permitiendo la producción de hortalizas que eventualmente podrían ser incorporadas al proceso productivo en áreas que en la actualidad presentan limitaciones de tipo sanitario.

Básicamente este sistema está orientado a un riego cerrado presurizado (“cintas”) el cual consiste en implementar una infraestructura consistente en un desarenador, un tranque acumulador, la caseta de control de riego en donde se encuentra el sistema de desinfección UV, y el sistema de distribución de agua por cinta a las hortalizas.

El objetivo de este análisis fue el determinar los costos de la inversión, y establecer su equivalencia para un año de operación y de la rentabilidad del sistema. Estos costos fueron obtenidos de la empresa que ejecutó la obra.

Para ello se simuló, dada las características y el tamaño de la inversión, una superficie de ocho hectáreas, las cuales fueron subdivididas en 21 sectores, que permiten regar en términos rotativos para una capacidad de distribución del agua de seis litros por segundo. Se consideró tres sistemas productivos conformados por siete sectores cada uno, logrando una superficie de 2,6 hectáreas cada uno, en los cuales se simuló el establecimiento de especies hortícolas para cada una de las temporadas.

5.1. DESARROLLO

El **Cuadro 10**, muestra el nivel de inversión asociada a la construcción de la infraestructura, incluyendo la obra gruesa que fue necesaria para el establecimiento del sistema de riego.

El monto de la inversión alcanzó a m\$37,9 y al agregar el plástico de recubrimiento del tranque y las cinta de riego, el monto ascendió a MM\$ 45. Desde el punto de vista de la estructura de los costos de inversión, gran parte de ella se concentra en la obra gruesa, instalación de la matriz y equipo eléctrico, las que en conjunto representan un 64,3% y un 54,1 %, sea esto considerando o no las instalaciones del recubrimiento plástico y cinta de riego. La unidad de desinfección UV (ultravioleta), representa un costo relativamente menor considerando la magnitud de los otros ítems anteriores.

Es importante considerar que el costo de la cinta representa para estas ocho hectáreas, una inversión equivalente a Mm\$ 5,5, lo que representa un 12,2 % del valor total de las inversiones.

El **Cuadro 11**, muestra la vida útil y la depreciación anual de las inversiones asociadas a la construcción de la infraestructura del sistema.

Cuadro 10. Niveles de inversión del sistema de tratamientos de aguas superficiales por medio de desinfección ultravioleta diseñada para ocho hectáreas de hortalizas.

Ítem	Valor (\$)	(%)	(%)
Fundaciones	10.000.000	26,4	22,2
Empalme trifásico	1.200.000	3,2	2,7
Caseta de control	1.600.000	4,2	3,6
Matriz PVC y fitting	7.955.449	21,0	17,7
Equipo eléctrico:	6.404.253	16,9	14,2
Sistema de filtrado	2.714.519	7,2	6,0
Equipo fertirrigación	740.000	2,0	1,6
Válvulas y piezas de acero caseta	938.000	2,5	2,1
Proyecto	1.082.000	2,9	2,4
Fletes y montaje	1.294.000	3,4	2,9
Unidad de UV (desinfección)	3.800.000	10,0	8,4
Estabilizador de voltaje	150.000	0,4	0,3
Sub Total	37.878.221	100,0	
Revestimiento tranque	1.600.000		3,6
Cinta Riego para distribución de agua	5.496.624		12,2
Total	44.974.845		100

Cuadro 11. Vida útil y depreciaciones de los componentes de la inversión en tratamiento de aguas UV.

Ítem	Vida útil (años)	Depreciación Anual
Fundaciones	10	1.000.000
Empalme trifásico	10	120.000
Caseta de control	10	160.000
Matriz PVC y fitting:	5	1.591.090
Equipo eléctrico:	10	640.425
Sistema de filtrado:	5	542.904
Equipo fertirrigación:	5	148.000
Válvulas y piezas de acero caseta	5	187.600
Unidad de UV (desinfección)	5	760.000
Estabilizador de voltaje	5	30.000
Plástico recubrimiento tranque	5	320.000

Los cultivos utilizados para la evaluación económica fueron: lechuga; espinaca; apio, zanahoria y zapallo italiano. Las razones de esta elección obedecen a la necesidad de distribuir en una mayor cantidad, hortalizas que se encuentran prohibidas de regar con aguas superficiales (lechuga, espinaca y apio), pudiendo regarlas sólo con agua de pozo y de usar de manera más intensiva el suelo disponible y el capital de inversión utilizado en este trabajo.

Los 21 sectores fueron distribuidos en tres módulos los cuales fueron conformados por siete sectores cada uno, permitiendo dar origen a las rotaciones que pudiesen ser regadas con agua desinfectada con radiación UV.

El primero de ellos, denominado Modulo 1, simuló la existencia de lechugas, en tres rotaciones a lo largo de la temporada. El Modulo 2, correspondió a una rotación simulada de espinaca y zanahoria. El Modulo 3, zanahoria, apio y zapallo italiano.

La disposición temporal de estos cultivos en la superficie calculada para cada uno de ellos se muestra en la **Figura 13**.

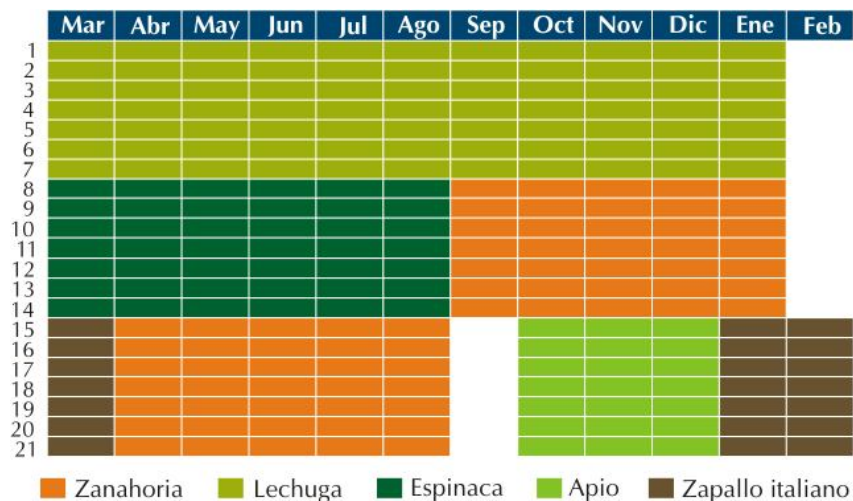


Figura 13. Plan de manejo de la superficie destinada a la producción de hortalizas bajo el esquema UV.

Los costos de producción fueron recopilados a través de planillas de cálculo elaboradas por INIA, en base a información proporcionada por productores, más información proveniente de ODEPA. En cada uno de los casos se asumió riego con cinta, y compra de plantines ahorrándose el proceso de preparación de éstos y así acortar con ello el tiempo de uso de la superficie en el sistema. Dado que los productores hortícolas utilizan más de un cultivo por sector, y puesto que utilizan las cintas de riego para más de uno de ellos, se asume que el retiro y colocación de las cintas de riego, sistema layflat, ocupan cuatro jornadas por hectárea cada una. Adicionalmente, se consideró como parte de los costos el valor de arriendo del terreno, como un costo alternativo, y un interés al capital fijo de un 3% derivado de las inversiones realizadas en el sistema de riego utilizando desinfección UV. Los principales valores utilizados se muestran en el **Cuadro 12**.

Cuadro 12. Principales valores utilizados en la evaluación económica.

Ítem	Unidad	Valor Unidad
Planta de lechuga	Pesos	14
Planta de apio	Pesos	15
Planta de zapallo italiano	Pesos	27
Jornada Hombre	Pesos	15.000
Arriendo de Tierra	Pesos	300.000
Colocar cintas de riego/cultivo	Jornadas hombre/ha	4
Retirar cintas de riego/cultivo	Jornadas hombre/ha	4
Interés al capital fijo	%	3
Costo anual operación riego	Pesos	120.000

Los valores correspondientes al uso de maquinaria y de los insumos utilizados en el proceso productivo fueron obtenidos de las empresas de servicios de maquinaria agrícola y de distribuidora de insumos. El valor de la mano de obra correspondió al valor promedio de su uso en explotaciones agrícolas de la Región Metropolitana. Es importante indicar que existe amplia variabilidad en este valor y que se ha utilizado el más alto para proporcionar mayores exigencias a la evaluación económica del sistema. Todos los valores son sin IVA.

5.2. RESULTADO ECONÓMICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS MEDIANTE UV

Los valores de la comercialización se obtuvieron de los datos proporcionados por los productores o de la información proveniente de ODEPA. El **Cuadro 13**, que se muestra a continuación, indica las unidades de comercialización, rendimientos por cultivo y precios de cada una de las hortalizas consideradas en este análisis.

Cuadro 13. Rendimientos por hectárea y precios a nivel de productor de las hortalizas utilizadas en el análisis.

Cultivo	Unidad	Rendimiento	Precio (\$)
Lechuga	Unidad	37.800	90
Zanahoria	Unidad	225.000	12
Espinaca	Caja de 12 kilos	1.314	3.000
Apio	Atado de 12 unidades	2.550	1.500
Zapallo italiano	Caja de 60 unidades	900	5.500

El **Cuadro 14**, muestra los principales indicadores productivos por hectárea para cada uno de los cultivos. Los costos de producción directos por hectárea fluctuaron entre Mm\$1,7 para zanahoria y Mm\$2,9 para zapallo italiano. En general las mayores diferencias entre los costos se debieron a la cantidad de mano de obra requerida para su cultivo. En estos costos se consideró la operación del tratamiento de desinfección UV, vale decir los costos de energía. Los niveles de rendimientos utilizados correspondieron a valores que fueron significativamente menores

Cuadro 14. Indicadores económicos por hectárea y cultivo.

Cultivo	Costos directos	Rendimiento	Precio	Ingresos brutos	Margen bruto
Lechuga	2.278.590	37.800	81	3.061.800	783.210
Espinaca	2.750.682	1.314	2.700	3.547.800	797.118
Zanahoria	1.707.678	247.500	11	2.673.000	965.322
Apio	2.217.640	2.550	1.350	3.442.500	1.224.860
Zapallo Italiano	2.903.683	900	4.950	4.455.000	1.551.317

a los parámetros de una buena producción para cada uno de ellos. Una situación similar ocurrió con los niveles de precios usados para este trabajo, y que son los recolectados a nivel de productores de la Región Metropolitana.

Los ingresos brutos calculados, a través de los rendimientos y los precios, indicaron que los mayores valores se obtuvieron con zapallo italiano, y los menores con zanahoria. En términos de márgenes brutos, zapallo italiano mantuvo su condición de generar mayores ingresos, y en el caso opuesto, la lechuga obtuvo los menores márgenes. La diferencia en los márgenes brutos entre estos dos cultivos alcanzó a un 98%, mientras que en términos de costos, esta diferencia sólo alcanzó a un 27,4%. Si bien, zapallo italiano aparecía muy atractivo, es importante indicar que uno de los problemas que tiene esta hortaliza es la mano de obra para cosecha además de la dificultad en comercialización, porque se requiere de un momento óptimo de cosecha y venta para que alcance un buen precio en el mercado.

El cultivo de espinaca, requiere de un manejo adecuado para alcanzar niveles de rendimiento y precios de mercado. De acuerdo a los antecedentes que se manejan en INIA, la producción presenta altas variaciones en los rendimientos. Por su parte zanahoria y apio, son hortalizas de mayor difusión, en donde es posible encontrar productores altamente especializados en su cultivo. Por ello en este trabajo se asumieron rendimientos asociados a productores de este tipo y las variaciones estuvieron más asociadas a los precios que eventualmente recibían los productores.

En base a los valores del Cuadro 14, se determinaron los resultados operativos de los tres módulos que conforman el manejo de las ocho hectáreas y que responden al diseño del sistema de uso de desinfección UV para riego de las hortalizas consideradas en este análisis. El **Cuadro 15** muestra los resultados que se obtuvieron en cada uno de los módulos propuestos.

Los tres cultivos de lechugas, señalados como módulo 1, generaron un margen bruto de Mm\$5,7, mientras que el módulo 2, conformado por espinacas y zanahoria dió origen a un margen bruto de Mm\$6,3. El módulo 3, conformado por los cultivos de zanahoria, apio, zapallo

Cuadro 15. Ingreso y costos de cada uno de los módulos productivos utilizados en la producción de hortalizas con el sistema de tratamientos de aguas por desinfección UV.

Cultivo	Costos directos	Ingresos	Margen Bruto	Imprevistos	Arriendo	Margen Neto
Módulo 1						
Lechuga	18.015.444	23.790.186	5.774.742	288.737	1.295.000	4.191.005
Módulo 2						
Espinaca	14.248.533	18.377.604	4.129.071	206.454		2.627.618
Zanahoria	4.422.886	6.923.070	2.500.184	125.009		2.375.175
Subtotal	18.982.219	25.300.674	6.318.455	331.463	1.295.000	5.002.792
Módulo 3						
Zanahoria	4.422.886	6.923.070	2.500.184	125.009		1.080.175
Apio	5.743.688	8.916.075	3.172.387	158.619		3.013.768
Zapallo italiano	7.520.539	11.538.450	4.017.911	200.896		3.817.015
Subtotal	17.997.913	27.377.595	9.379.682	484.524	1.295.000	7.910.958
Totales	54.995.576	76.468.455	21.472.879	1.104.724	3.885.000	17.104.755

italiano, dió un margen bruto de Mm\$9,4. Los tres módulos que utilizaron el sistema UV, generaron en términos de margen bruto Mm\$21,4. Al descontar de este margen, los imprevistos y el valor del arriendo de la tierra, el margen neto del sistema tratamientos de agua por desinfección UV generó una utilidad de Mm\$17.

Si a los costos directos por cultivo y hectárea, señalados en el Cuadro 15, se multiplica las hectáreas de cada uno de los módulos y el número de veces que cada uno de estos se encuentra en el sistema, se obtienen los valores que se muestran en el cuadro "Ingresos y costos de cada uno de los módulos productivos"

Los márgenes netos de cada uno de los módulos propuestos alcanzaron unos Mm\$ 4,2 para el módulo 1, Mm\$5,0 para el módulo 2, y de unos Mm\$7,9 para el módulo 3. De acuerdo a los antecedentes, los costos operacionales del sistema UV, alcanzó a m\$7 por hectárea, mientras que los ingresos brutos a Mm\$9,8, lo cual generó un beneficio neto de 2,2, millones de pesos por hectárea.

5.3. DETERMINACIÓN DE LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA

Además del análisis de los márgenes brutos del sistema planteado, se determinó la rentabilidad a largo plazo del sistema. Para ello se simuló (con un horizonte de 10 años), los ingresos y costos de los tres módulos propuestos y evaluados en conjunto y que se muestran en el **Cuadro 16**, considerando además las necesidades de reinversiones dada la vida útil de los componentes de las inversiones requeridas por el sistema. Paralelamente se consideró un valor de arriendo de terreno anual de \$500.000 la hectárea.

La evaluación consistió en calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) con una tasa de interés alternativa de un 12%, para el sistema de tratamiento de aguas. Es decir, para los tres módulos que sumaron en conjunto aproximadamente unas ocho hectáreas.

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es la tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determinada inversión sea igual a cero.

El VAN, se utiliza para calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, producto de la realización de una inversión. La metodología consiste en actualizar mediante una tasa, denominada tasa de descuento, todos los flujos de caja futuros que genera el proyecto al tiempo 0 y compararlos con la inversión inicial. El monto de la inversión correspondió a la indicada en el Cuadro 10, mientras que los ingresos al igual que los costos directos provinieron del Cuadro 15.

Cuadro 16. Flujos netos del sistema proyectado para uso de tratamiento de aguas.

Ítem	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Módulo 1		23.790	23.790	23.790	23.790	23.790	23.790	23.790	23.790	23.790	23.790
Ingresos Módulo 2		25.301	25.301	25.301	25.301	25.301	25.301	25.301	25.301	25.301	25.301
Ingresos Módulo 3		27.378	27.378	27.378	27.378	27.378	27.378	27.378	27.378	27.378	27.378
Ingresos Totales		76.468	76.468	76.468	76.468	76.468	76.468	76.468	76.468	76.468	76.468
Costos D. Módulo 1		18.015	18.015	18.015	18.015	18.015	18.015	18.015	18.015	18.015	18.015
Costos D. Módulo 2		18.982	18.982	18.982	18.982	18.982	18.982	18.982	18.982	18.982	18.982
Costos D. Módulo 3		17.998	17.998	17.998	17.998	17.998	17.998	17.998	17.998	17.998	17.998
Costos Directos		54.996	54.996	54.996	54.996	54.996	54.996	54.996	54.996	54.996	54.996
Obra Gruesa	10.000										
Empalme trifásico	1.200										
Caseta de control	1.600										
Matriz PVC y fittings:	7.955										
Equipo eléctrico:	6.404					7.955					
Sistema de filtrado:	2.715										
Equipo fertirrigación:	740					740					
Válvulas y piezas de acero caseta	938					938					
Proyecto	1.082					1.082					
Fletes y montaje	1.294										
Unidad de UV (desinfección)	3.800										
Estabilizador de voltaje	150										
Plástico recubrimiento tranque	1.600										
Cinta Riego	5.497			2.748				2.748		2.748	
Inversiones	44.975			2.748				19.014		2.748	
Arriendo Terreno		4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Beneficio Neto	-44.975	17.473	17.473	14.725	17.473	-1.541	17.473	14.725	17.473	14.725	17.473

El Cuadro de los Flujos Netos se muestra en el Cuadro 16, mientras que los resultados de la evaluación considerando el análisis de sensibilidad, se muestra en el **Cuadro 17**.

Cuadro 17. Análisis de sensibilidad de precios y rendimientos en el sistema UV.

Precios	100%	90%	80%
TIR (%)	31,70	6,54	S/V
Tasa estimada	12%	12%	12%
VAN (\$)	34.617.359	-8.246.116	-51.109.591
Rendimiento	100%	90%	80%
TIR (%)	31,70	11,24	-21,06
Tasa estimada	12%	12%	12%
VAN (\$)	34.617.359	-1.190.400	-36.998.159

El análisis de sensibilidad que se observa en el Cuadro 17, muestra el efecto en los parámetros económicos, al variar el precio de las hortalizas estudiadas y en forma independiente, la disminución en los rendimientos, cuando el precio de estas se mantiene en las condiciones iniciales (100%).

Los resultados señalan que el precio y los rendimientos tuvieron un efecto muy importante en los resultados económicos proyectados para la implementación y puesta en marcha de un sistema de tratamiento de cursos superficiales mediante desinfección UV y bajo un sistema hortícola modular, que incluye especies prohibidas de cultivarse con agua directa de canales. Si los precios considerados en el estudio, que son los promedios de mercado, bajan en un 10 %, la TIR disminuye desde un 31,7% a solo un 6,54%. Por otra parte, el VAN a una tasa del 12%, se hace negativo en Mm\$8,2. Por otra parte, si los rendimientos por hectárea, disminuyen en un 10%, para todas las hortalizas consideradas en este trabajo, la TIR disminuye desde un 31,7% a sólo un 11,24%, y por ello el VAN alcanza a Mm\$-1,2.

5.4. CONCLUSIONES

El estudio económico muestra la factibilidad de la realización de un sistema de tratamiento de aguas mediante desinfección con luz ultravioleta y sistema productivo modular, considerando las especies que para este propósito fueron utilizadas.

Los costos directos ya sean por hectárea o para cada uno de los tres sistemas evaluados, utilizando técnicas de producción adecuadas, generan un nivel de producto que compensa con los ingresos percibidos, los costos incurridos.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), considerando los precios y rendimientos por hectárea promedios a los cuales se transan los productos evaluados, alcanzó a un 31,7% y un VAN de Mm\$34,6, al ser utilizada una tasa de interés de un 12 %. Sin embargo, el análisis de sensibilidad mostró que la TIR, bajó significativamente cuando disminuyeron los precios de los productos como el rendimiento, ambos evaluados en forma separada. Esta condición determina la necesidad de una permanente supervisión técnica de este sistema o bien generar otros mecanismos que permitan utilizar el sistema UV, con niveles de inversión más bajos.

