



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Área de consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos



**Tomate hidropónico: una
alternativa de producción y
de valor agregado.**

Autora
Estornell Yanzi, María Emilia

Tutor
Ing. Agr. Leandro Carbelo

2018

Tutor:

Carbelo, Leandro.

Evaluadores:

Dra. María Alejandra Pérez.

Biól. (MSc.) Sandra Kopp.

Ing. Agr. Ariel Roberi.

Ing. Agr. Gabriel Manera.

Nota de trabajo final:

Resumen

El tomate cultivado comercialmente, *Lycopersicon esculentum Mill*, pertenece a la familia de las Solanáceas y es originario de la región andina de Ecuador, Perú y Bolivia. A nivel mundial, el tomate ocupa el cuarto lugar en la producción de hortalizas. En Argentina, la producción de tomate se encuentra distribuida a lo largo del país excepto en la Patagonia, y las condiciones agroecológicas del país permiten una oferta en fresco durante todo el año. En Córdoba, el Cinturón Verde adquiere importancia por conformar una zona donde se lleva a cabo la agricultura urbana del Gran Córdoba. La producción de tomate en sistemas forzados en Córdoba toma mayor importancia en los meses de noviembre a diciembre y de abril a mayo.

En el invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Nacional de Córdoba, se realizó un análisis del proceso productivo de tomate en el sistema tradicional bajo cubierta desde el trasplante hasta la comercialización del producto.

El objetivo general de este trabajo fue analizar la alternativa de producción de tomate bajo el sistema hidropónico como alimento hortícola de consumo en fresco con valor agregado. Además se planteó la evaluación comparativa de la producción hidropónica con respecto a la producción tradicional bajo cubierta en términos de buenas prácticas agrícolas. También, el uso de registros para establecer la trazabilidad del tomate hidropónico producido. Por último realizar un análisis económico de la producción hidropónica en comparación con la producción tradicional bajo cubierta.

A partir del análisis del establecimiento, se plantea el sistema hidropónico a usar y el manejo del mismo. Además, mediante una auditoria llevada a cabo se proponen ciertos puntos en relación a las buenas prácticas agrícolas con respecto al agua, el manejo y uso de plaguicidas, cosecha y estructura del invernadero. Por último se propone el uso de registros digitalizados para que el productor pueda tener la información organizada y disponible, y así lograr la trazabilidad del producto.

Con respecto a las consideraciones finales, se concluye que para la aplicación de buenas prácticas agrícolas es necesario mejorar ciertos aspectos para lograr que el sistema hidropónico cuente con el uso de las mismas y así obtener un producto de mayor calidad, inocuidad y en términos amigables con el ambiente; en comparación con el sistema tradicional bajo cubierta. Para lograr la trazabilidad del producto, el sistema de registro digitalizado le permite al productor organizar la información y dejarla disponible para el consumidor, quien podrá visualizar la cadena productiva. Por último, el sistema hidropónico presenta una alternativa de valor agregado del producto debido a las ventajas propias del sistema (mayor eficiencia en el uso de los recursos) y permite aumentar los ingresos del productor por el mayor rendimiento por superficie y el mayor precio de venta del producto.

Palabras claves: hidroponía, tomate hidropónico, valor agregado, buenas prácticas agrícolas y trazabilidad.

Índice de contenidos

Resumen	2
Índice de contenidos	3
Índice de figuras	4
Índice de tablas.....	4
Introducción.....	5
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
Análisis de caso.....	16
Análisis FODA.....	20
Propuestas de mejora.....	21
Análisis de negocio	26
Consideraciones finales	30
Bibliografía.....	31
Anexos	32

Índice de figuras

Figura 1: Cadena productiva del tomate hidropónico.....	8
Figura 2: Producción hidropónica de tomate en bandeja multiceldas.....	9
Figura 3: Plántula de tomate al momento del trasplante con espuma de goma.	9
Figura 4: Cultivo de tomate hidropónico en sistema técnica de la película nutriente.	12
Figura 5: Plantas de tomate de 60 días, luego del trasplante.....	17
Figura 6: Sistema de conducción de hilos verticales.	18
Figura 7: Cultivo de tomate cercano a la cosecha.	19

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación de los cultivos hidropónicos con los cultivos en suelo.	6
Tabla 2: Solución ideal de macronutrientes para el cultivo de tomate hidropónico.....	11
Tabla 3: Solución ideal de micronutrientes para el cultivo de tomate hidropónico.....	11
Tabla 4: Plagas del cultivo de tomate y productos químicos aprobados para su control.....	13
Tabla 5: Enfermedades del cultivo de tomate y productos químicos aprobados para su control.....	13
Tabla 6: Formulación de la solución nutritiva de macronutrientes para el cultivo de tomate hidropónico.....	21
Tabla 7: Formulación de la solución nutritiva de micronutrientes para el cultivo de tomate hidropónico.....	22
Tabla 8: Planilla para el registro de datos para la trazabilidad de la producción.....	25
Tabla 9: Costos del cultivo de tomate en sistema tradicional bajo cubierta.	26
Tabla 10: Costos del cultivo de tomate hidropónico.	27
Tabla 11: Comparación económica de los sistemas de producción.	29

Introducción

El tomate cultivado comercialmente, *Lycopersicon esculentum* Mill, pertenece a la familia de las Solanáceas y es originario de la región andina de Ecuador, Perú y Bolivia (Bima y Fontán, 2016).

A nivel mundial, el tomate ocupa el cuarto lugar en la producción de hortalizas; después de la papa, batata y mandioca; con una superficie cultivada de 3.700.000 ha y una producción de 125.000.000 tn. Los principales países productores son: China, Estados Unidos, India, Egipto e Italia y representan el 74% de la producción mundial (Bima y Fontán, 2016).

En América del Sur se cultivan 157.000 ha y Argentina es el segundo productor después de Brasil. En nuestro país el cultivo de tomate es el segundo en importancia, después de la papa. La superficie cultivada es de 22.000 ha, de las cuales 1185 ha corresponden a cultivo bajo cubierta (en invernaderos). La producción total es de 750.000 tn anuales. Del total producido, un 60 a 65% se consume en fresco, mientras que, entre el 35 a 40% se industrializa (Bima y Fontán, 2016).

En Argentina, la producción de tomate se encuentra distribuida a lo largo del país, excepto en la Patagonia. Las provincias de Mendoza, San Juan, Santiago del Estero, Catamarca y Río Negro se dedican, principalmente, a la producción de tomate para industria (tomate perita). Para consumo en fresco, tomate redondo, la producción se concentra en las provincias de Buenos Aires, Salta, Jujuy y Corrientes (Bima y Fontán, 2016).

Las condiciones agroecológicas del país permiten una oferta en fresco durante todo el año. De todas formas existe una estacionalidad de la producción y una consecuente fluctuación de precios, observándose el pico máximo de precios en junio/julio y otro menos pronunciado en octubre/noviembre; cuando baja la oferta del NOA y NEA y aún no ingresa al mercado el tomate de estación (Buenos Aires) (Bima y Fontán, 2016).

En Córdoba, el Cinturón Verde adquiere importancia por conformar una zona donde se lleva a cabo la agricultura urbana del Gran Córdoba, proveyendo a los mercados locales de los que se abastecen cerca de 2.000.000 de habitantes y a otros mercados del interior del país. En los últimos años fue decreciendo el número de productores del Cinturón Verde. Esto se debe a varios factores, entre los que se destacan: la transformación a producción de granos, la baja oferta de mano de obra calificada y la transformación de valor productivo a valor inmobiliario de la tierra (Bima y Fontán, 2016).

La producción de tomate en sistemas forzados en Córdoba toma mayor importancia en los meses de noviembre a diciembre y de abril a mayo. Esto obedece al potencial mercado existente, al menor costo de transporte y al incremento del precio del producto en fresco en esos períodos debido a las adversidades climáticas como altas temperaturas y precipitaciones ocurridas en las zonas productoras de mayores volúmenes.

En nuestro país, con preponderancia a climas templados, el tomate se cultiva como anual. Es una planta herbácea que en su primera etapa de crecimiento se mantiene erguida hasta que el propio peso la recuesta sobre el suelo, volviéndose decumbente (Bima y Fontán, 2016).

El cultivo de tomate se puede producir comercialmente bajo diferentes técnicas de manejo, como es el caso de la hidroponía.

En nuestro país la producción de tomate hidropónico es reciente y tiene un escaso desarrollo, lo que resulta en un incentivo para muchos productores. Además el cultivo de tomate en hidroponía es una solución a problemas agrícolas como: suelos salinos, zonas con escasez de agua o agua de mala calidad y desertificación

de los suelos por el monocultivo; que limitan la producción de tomate a campo o en invernadero en distintas zonas del país.

La hidroponía es un conjunto de técnicas que permiten el desarrollo del sistema radical de las plantas en completa independencia del suelo. Las plantas crecen en una solución nutritiva, con o sin sustrato inerte (medio de soporte) (Lara Herrera, 2000). El crecimiento es posible ya que los elementos minerales requeridos por las plantas son aportados por la solución nutritiva. Además las condiciones de temperatura, humedad y disponibilidad hídrica están controladas (Beltrano y Gimenez, 2015). Al respecto estos autores presentan las ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos:

Ventajas:

- Mayor concentración de plantas por metro cuadrado.
- Ahorro de agua, se puede reciclar.
- Ahorro de fertilizantes.
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Alto porcentaje de automatización.
- Altos rendimientos por unidad de superficie.
- Posibilidad de cosechar repetidamente la misma especie al año.

Desventajas:

- El costo inicial, el cual resulta algo elevado.
- Se requiere un conocimiento mayor para llevar adelante la producción.

A continuación, la Tabla 1 muestra una comparación entre los cultivos hidropónicos y los cultivos en tierra.

Tabla 1: Comparación de los cultivos hidropónicos con los cultivos en suelo.

	Cultivos hidropónicos	Cultivos en tierra
Esterilización del medio de cultivo.	Se usa HCl. El tiempo necesario para la esterilización es muy corto.	Vapor, fumigantes químicos; trabajo intensivo; proceso muy largo, al menos dos o tres semanas.
Nutrición vegetal.	Control completo, estable, homogénea para todas las plantas, fácilmente disponible en las cantidades que se precisen, buen control del pH, fácil testado, toma de muestras y ajustes.	Muy variable, suelen aparecer deficiencias localizadas; a veces, los nutrientes no son utilizados por las plantas debido al pH o a la mala estructura del terreno, condición inestable, dificultad para el muestreo y ajuste.
Número de plantas.	Limitado solamente por la iluminación; así es posible una	Limitado por la nutrición que puede proporcionar el suelo.

	mayor densidad de plantación; lo cual dará como resultado una mayor cosecha.	
Control de malezas, labores.	No existen, no hay laboreo.	Siempre existen, hay que efectuar laboreo.
Enfermedades y parásitos del suelo.	No hay enfermedades, insectos, ni animales en el medio del cultivo, tampoco enfermedades en las raíces ni es precisa la rotación de cultivos.	Gran número de enfermedades de suelo, nematodos, insectos y otros animales que puedan dañar las cosechas. Es frecuente la necesidad de rotar los cultivos para evitar daños.
Agua.	No existe estrés hídrico. El automatismo es completo, con el uso de un detector de humedad y un control electrónico del riego. Puede utilizarse agua con alto contenido de sales. Hay un alto grado de eficiencia en el uso del agua. Pueden reducirse al mínimo las pérdidas por evaporación y evitarse las de percolación.	Las plantas están sujetas a trastornos debidos a una pobre relación agua-suelo, a la estructura de éste, y a una capacidad de retención muy baja. Las aguas salinas no pueden ser utilizadas. El uso del agua es poco eficiente, tanto por la percolación como por una alta evaporación en la superficie del suelo.
Fertilizantes.	Se utilizan pequeñas cantidades que al estar distribuidas uniformemente permiten una utilización uniforme por las raíces, con muy pocas pérdidas por lavado.	Se aplican al voleo sobre el suelo, utilizando grandes cantidades, sin ser uniforme su distribución y teniendo grandes pérdidas por lavado.
Trasplante.	No se necesita una preparación especial del suelo para el trasplante, siendo mínima la pérdida vegetativa. La temperatura del medio puede mantenerse en un óptimo por medio de una mayor o menor circulación de la solución nutritiva. No existen agentes patógenos.	Es preciso preparar el suelo, a pesar de lo cual las plantas suelen presentar trastornos en los primeros días. Es difícil controlar la temperatura del suelo, así como los organismos patógenos que motiven el retardo del crecimiento o incluso la muerte de las plantas.

Conservación del medio de cultivo.	No es preciso cambiar el medio en los cultivos en arena, agua o grava, ni utilizar barbecho. El serrín, la turba y la vermiculita pueden utilizarse bastantes años sin necesidad de renovarse.	El suelo de los cultivos en invernadero debe cambiarse de forma periódica debido a la pérdida de fertilidad y estructura.
------------------------------------	---	---

(Howard, 2001).

Cadena productiva:

En la Figura 1 puede observarse la cadena productiva del cultivo de tomate hidropónico.

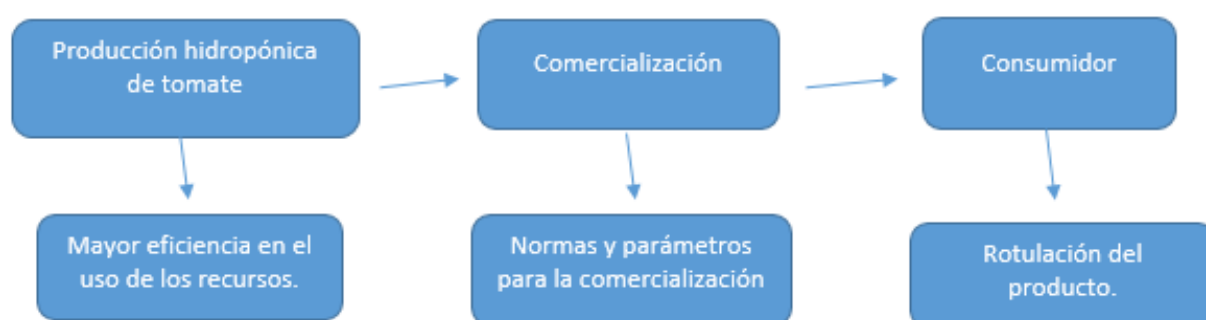


Figura 1: Cadena productiva del tomate hidropónico.

Insumos: para el caso del cultivo de tomate en hidroponía los insumos son: semillas, solución nutritiva y productos utilizados en el control de plagas y enfermedades.

Siembra: la siembra del tomate hidropónico se realiza en bandejas compartimentadas o bandejas multiceldas, es decir, aquellas divididas en celdas (pequeñas, medianas o grandes) (Álvarez, 2106).

Las bandejas multiceldas por lo general son de plástico y tienen forma troncocónica para lograr una rápida germinación, brindando a la semilla el espacio óptimo para el desarrollo de la plántula (Álvarez, 2016).

En las bandejas se encuentra el sustrato necesario para la germinación y crecimiento de la plántula. Este material sustituye a la tierra, es inerte y debe ser estéril para evitar la propagación de enfermedades (Álvarez, 2016).

Una vez que se siembran las semillas, las bandejas deben permanecer durante 3 días en una cámara germinativa a 22°C. Luego de la germinación, las plántulas deben crecer en el invernadero con las condiciones óptimas de temperatura y humedad. Se las debe regar y mantener el medio húmedo.

En la Figura 2 puede observarse la siembra de tomate para hidroponía en bandejas multiceldas.



Figura 2: Producción hidropónica de tomate en bandeja multiceldas.

Fuente: Álvarez, 2016.

Trasplante: cuando las plantas presentas 15 cm de altura pueden ser trasplantadas al sistema definitivo.

Al momento del trasplante, las raíces se lavan con agua y alrededor del cuello de la planta se coloca una espuma de goma que le da el sostén inicial que la planta necesita.

En la Figura 3, se observa la plántula de tomate con la espuma de goma rodeando el cuello.



Figura 3: Plántula de tomate al momento del trasplante con espuma de goma.

Fuente: Álvarez, 2016.

Luz: al igual que en los cultivos tradicionales, el aporte lumínico es importante y produce los mismos efectos. Tanto la calidad (intensidad) como la cantidad (duración) de la luz afectan el crecimiento vegetativo como el momento de la floración (Bima y Fontán, 2016).

Durante el período de crecimiento, a menor intensidad de luz (menor a 730 nm) se incrementa el largo de los entrenudos y aumenta la altura de la planta. En cambio, una alta intensidad lumínica durante el crecimiento vegetativo adelanta la floración. Plantas que crecen bajo fotoperíodos largos tienen mayor relación de la parte aérea con respecto a la radicular (Bima y Fontán, 2016).

Humedad del ambiente: como en cualquier especie vegetal, la humedad del ambiente determina la velocidad de transpiración de las plantas. A mayor humedad, más saturado está el ambiente, y las plantas transpiran menos. Esto conlleva a un menor movimiento de agua y nutrientes desde las raíces hacia las hojas, impactando negativamente en la producción.

Ya sea en el sistema de producción bajo cubierta o en los sistemas hidropónicos, el nivel de la humedad tiene los mismos efectos sobre el cultivo de tomate. Durante la floración, una humedad baja (menor al 50%) puede repercutir negativamente en la retención del polen, mientras que una humedad relativa alta (mayor al 85%) afecta negativamente la dehiscencia de las anteras y a la polinización (Bima y Fontán, 2016).

Temperatura: ya sea en un sistema tradicional bajo cubierta o en un sistema hidropónico, la velocidad de aparición de las hojas y el inicio de la floración se relacionan con la temperatura. Para el crecimiento vegetativo, las temperaturas óptimas son de 18° de noche y 25° de día. En la floración, temperaturas mayores a 35° producen la esterilización del polen. La fructificación se ve favorecida por temperaturas nocturnas no menores a los 15° y por temperaturas diarias no mayores a las 32° (Bima y Fontán, 2016).

Nutrientes: en el caso de la hidroponía, son aportados por la solución nutritiva ya que en este sistema los cultivos se desarrollan en agua o en un sustrato, el cual no tiene los nutrientes necesarios por las plantas.

Solamente 16 elementos están generalmente considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Estos están divididos entre macronutrientes, aquellos requeridos en relativamente gran cantidad por las plantas, y los micronutrientes, aquellos que son necesitados en considerablemente menos cantidad (Howard, 2001).

Los macronutrientes incluyen carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg). Los micronutrientes incluyen hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu) y molibdeno (Mo) (Howard, 2001).

Solución nutritiva: en hidroponía, las necesidades nutricionales que tienen las plantas son satisfechas con los nutrientes que se aportan mediante la solución nutritiva. La cantidad de nutrientes que requieren las plantas depende de la especie, la variedad y las condiciones ambientales (Lara Herrera, 2000).

La solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y los nutrientes esenciales en forma iónica. Para que la solución nutritiva tenga disponible los nutrientes que contiene, debe ser una solución verdadera, es decir todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrientes puede ocasionar deficiencias en el cultivo. Además de este problema se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones (Lara Herrera, 2000).

Los aspectos más importantes de la solución nutritiva son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la conductividad eléctrica (2-6 dS/m), el pH (5,5 – 6) y la temperatura (22°C) (Lara Herrera, 2000).

A continuación, en la Tabla 2 puede observarse la solución nutritiva ideal de macronutrientes y en la Tabla 3 la solución nutritiva ideal de micronutrientes para el cultivo de tomate hidropónico.

Tabla 2: Solución ideal de macronutrientes para el cultivo de tomate hidropónico.

me/L									
NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺
12	1,5	2,50	0,50	-	0,50	7,50	7,00	2,50	-

(INTA, 2017).

Tabla 3: Solución ideal de micronutrientes para el cultivo de tomate hidropónico.

mg/L					
Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
1	0,5	0,05	0,05	0,5	0,01

(INTA, 2017).

Soluciones de stock: son soluciones concentradas de nutrientes en reemplazo a las soluciones tradicionales. La concentración de las soluciones de stock varía de acuerdo a la capacidad del inyector y la solubilidad del fertilizante, el fertilizante menos soluble será el limitante de toda la solución de stock (Howard, 2001).

Para evitar la precipitación entre los sulfatos y nitratos de algunos compuestos si se mezclaran a altas concentraciones hay que preparar dos soluciones de stock separadas y una solución de ácido (en tanques individuales). Generalmente son llamadas stock A, stock B y ácido (Howard, 2001).

Métodos del cultivo: existen diferentes métodos para la producción hidropónica como: sistema de raíz flotante, sistemas en columnas, sistemas aeropónicos, cultivos en sacos y el sistema “nutrient film technique” (NFT).

Para la producción de tomate en hidroponía los métodos usados son: el sistema “nutrient film technique” o “técnica de la película nutriente” (NFT) y el cultivo en sacos.

El sistema NFT (técnica de la película nutriente) está basado en la circulación de una fina lámina de solución nutritiva, que circula por canales o tubos de PVC. La solución es bombeada desde un tanque hacia los tubos, los cuales tienen una leve inclinación lo que permite que la solución descienda, mojando las raíces y cayendo en un recipiente, desde donde empieza nuevamente el ciclo (Álvarez, 2016). En la Figura 4 se observa el cultivo de tomate en el sistema hidropónico NFT (técnica de la película nutriente) sin sustrato.



Figura 4: Cultivo de tomate hidropónico en sistema “técnica de la película nutriente”.

Fuente: Hernandez, 2016.

Tutorado: es un sistema de soporte artificial de las plantas con el objetivo de mantenerlas erguidas. Los sistemas más usuales son el caballete, estructura muy fuerte que soporta grandes vientos; espalderas y en cultivos en invernaderos, hilos verticales que se enrollan en las plantas (Bima y Fontán, 2016).

Poda: consiste en eliminar los brotes axilares que nacen de la inserción de cada hoja. Se puede efectuar de dos maneras: a tallo único, se eliminan todos los brotes axilares dejando un solo eje o tallo principal; en “U”, la planta se deja crecer hasta determinada altura y se “desmocha” el eje principal mientras que se han dejado desarrollar dos brotes axilares, que serán los que continuarán el crecimiento de la planta (Bima y Fontán, 2016).

Plagas y enfermedades: uno de los problemas más importante que se presenta en el desarrollo del cultivo de tomate bajo condiciones protegidas es el ataque de algunas plagas y enfermedades, altamente dañinas, afectando significativamente la producción y la calidad de los frutos.

En la Tabla 4 se pueden observar las plagas que atacan el cultivo de tomate mientras que la Tabla 5 se puede ver las enfermedades.

Tabla 4: Plagas del cultivo de tomate y productos químicos aprobados para su control.

Plaga	Producto químico autorizado
Polilla del tomate (<i>Tuta absoluta</i>)	Cipermetrina Lambdacialotrina Clorpirifos
Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	Imidacloprid
Chinche verde (<i>Nezara viridula</i>)	Cipermetrina
Mosca blanca (<i>Aleurothrixus floccosus</i>)	Imidacloprid
Pulgones (<i>Myzus persicae</i>)	Imidacloprid

Tabla 5: Enfermedades del cultivo de tomate y productos químicos aprobados para su control.

Enfermedad	Control químico
Podredumbre gris (<i>Botrytis cinérea</i>)	Azoxistrobina
Atracnosis (<i>Colletotrichum phomoides</i>)	Mancozeb Ziram
Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>)	Mancozeb Ziram
Mildiu – Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)	Mancozeb Ziram

Cosecha: es siempre manual para tomate en fresco.

El momento oportuno de cosecha lo determina el mercado, ya que al tratarse de un fruto climatérico puede completar su maduración fuera de la planta (Bima y Fontán, 2016).

En nuestro país existen tres grados comerciales: elegido, comercial y económico, en función de los distintos niveles de tolerancia que tienen por defectos, tamaño y madurez (Bima y Fontán, 2016).

Rendimiento: bajo la técnica de hidroponía se esperan rendimientos superiores con respecto a los sistemas convencionales. El rendimiento aproximado es de 40 tn en 1000 m² (García Ramírez, 2015).

Almacenamiento: para un buen almacenamiento del producto, provenga del sistema tradicional bajo cubierta o del sistema hidropónico, es importante tener en cuenta ciertas condiciones como: temperatura, humedad relativa, composición atmosférica y ventilación (Bima y Fontán, 2016).

Para el tomate maduro, la temperatura óptima de almacenamiento es de 6-10 °C y la humedad relativa de 90-95%, lo que permite un almacenamiento de aproximadamente 4-7 días (Bima y Fontán, 2016).

La ventilación debe permitir una adecuada circulación de aire y es indispensable para eliminar el calor, el CO₂ y el etileno generados por el producto (Bima y Fontán, 2016).

Comercialización: para llevar adelante la comercialización del producto, provenga del sistema tradicional bajo cubierta o del sistema hidropónico, es necesario cumplir con una serie de normativas.

FAO (2007), plantea los parámetros a tener en cuenta:

- Homogeneidad: cada envase no deberá contener tomates de diferente origen, variedad o tipo comercial.
- Acondicionamiento: los tomates deberán acondicionarse de manera tal que se asegure una protección conveniente del producto. Los materiales utilizados deben ser: nuevos, limpios y de naturaleza tal que no puedan causar a los frutos alteraciones externas o internas.

Consumidor: juega un rol protagónico dentro del sistema. Es quien define el tipo de producto que quiere consumir, las características, calidad, etc.

Es importante informar correctamente al consumidor sobre el producto que va a consumir. Es por esto que se debe cumplir con un sistema de etiquetado y rotulación.

-Etiquetado: cada envase llevará claramente los siguientes aspectos: denominación del producto (tipo comercial, cultivado bajo protección), nombre de la variedad, identificación de la empresa, origen del producto (FAO, 2007).

Código Alimentario Argentino:

Artículo 820: “se entiende por hortaliza fresca la de cosecha reciente y consumo inmediato en las condiciones habituales del expendio.”

Artículo 822: “las hortalizas frescas destinadas a la alimentación deberán estar sanas y limpias. Se entiende por sana la que está libre de enfermedades o lesiones de origen físico, químico o biológico y, limpia, la que está libre de insectos, ácaros o cualquier sustancia extraña.”

Dentro de este grupo se incluyen las hortalizas de fruto, entre las cuales se encuentra el tomate.

El artículo 874 indica que “con el nombre de tomate, se entiende al fruto de *Lycopersicon esculentum* Mill.”

Objetivo general

Analizar la alternativa de producción de tomate bajo el sistema hidropónico como alimento hortícola de consumo en fresco con valor agregado.

Objetivos específicos

- Evaluar comparativamente la producción de tomate hidropónico vs la producción tradicional bajo cubierta de acuerdo a buenas prácticas agrícolas.
- Proponer un sistema de registro para establecer la trazabilidad del tomate hidropónico producido.
- Analizar desde el punto de vista económico la producción hidropónica vs la tradicional bajo cubierta.

Análisis de caso

El análisis de caso se llevó en el invernadero de Olericultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba; ubicado en Ciudad Universitaria, en la Av. Valparaíso, 5000 Córdoba.

A partir de una entrevista de tipo informal, se obtuvo en detalle las características del establecimiento y la producción que se lleva a cabo. De esta manera se pudo hacer un relevamiento de los datos necesarios. Ver anexo 1: entrevista con el productor.

Con respecto a las características del invernadero, es tipo capilla con ventilación forzada y tiene una superficie de 240 m². En cuanto a los materiales de construcción, las paredes son de policarbonato, el techo es de polietileno de larga duración térmica y la estructura es de hierro.

La producción que se lleva a cabo es la de tomate con la aplicación de compost. La utilización de sustratos orgánicos mejora las características químicas, físicas y biológicas de los suelos. La misma se realiza en canteros, los cuales tienen 8,5 m de largo por 1 m de ancho. Las plantas se colocan ahí al momento del trasplante a una distancia de 0,3 m y son regadas mediante goteros. El equipo de riego está formado por un tanque de 5,5 m³ y una bomba que distribuye el agua con un caudal de 20-130 l/min.

A continuación, se procede a una descripción de la producción que se lleva a cabo en el establecimiento para conocer los insumos y el manejo de la producción.

Insumos: los insumos necesarios para llevar adelante la producción son: plantines, compost, fertilizantes y productos químicos para el control de plagas y enfermedades.

Plantines: el proceso comienza a partir de plantines de tomate, los cuales se encuentran en bandejas multiceldas y se adquieren en Córdoba en la firma "Plantaflor". La variedad cultivada es tipo tomate perita, de crecimiento indeterminado.

Compost: es formulado por la cátedra de Edafología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Es a base de estiércol bovino y aserrín.

Trasplante: las plántulas de 45 días se reciben en el mes de agosto, no se rustican y se trasplantan de forma manual al lugar definitivo, los canteros con compost. La distancia de trasplante es de 0,3 m entre plantas y de 1 m entre los canteros. En la Figura 5 se puede observar las plantas de tomate a 2 semanas del trasplante.



Figura 5: Plantas de tomate de 35 días desde el trasplante.

Temperatura: el invernadero cuenta con extractores ubicado lateralmente los cuales se activan cuando la temperatura en el interior supera los 28°C, con el objetivo de disminuir las temperaturas o mantenerlas en los niveles óptimos para el cultivo.

Humedad: no cuenta con control de humedad ambiente.

Riego: hay un sistema de riego automatizado. Se activa todos los días durante 15 minutos aproximadamente, proporcionando los requerimientos hídricos del cultivo en cada etapa fenológica (Kc).

Fertilización: es en forma manual, una vez por semana. Los nutrientes aportados respetan las necesidades del cultivo en cada etapa fenológica independientemente del agregado de compost.

Tutorado: el sistema usado es el de hilos verticales. Arriba los hilos se encuentran atados a un alambre y abajo están atados al tallo de la planta, la cual se va enroscando en el hilo con el cuidado de no dañar los brotes axilares. En la Figura 6 se observan los hilos sosteniendo a las plantas de tomate.



Figura 6: Sistema de conducción de hilos verticales en plantas de tomate de 60 días desde el trasplante.

Poda: se realiza a tallo único, por lo que se eliminan todos los brotes que nacen de la inserción de cada hoja.

Plagas: las plagas comúnmente observadas son: pulgones (*Mizus persicae*), trips (*Frankliniella occidentalis*) y polilla del tomate o barrenador del fruto (*Tuta absoluta*). Para el control de las mismas se usa imidacloprid y se realizan entre 3 a 4 aplicaciones por ciclo del cultivo, dependiendo de la incidencia de la plaga.

Enfermedades: las enfermedades frecuentes son tizón temprano (*Alternaria solani*) y tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Para el control se usa mancozeb y se aplica entre 2 a 3 veces durante el ciclo del cultivo, dependiendo de la incidencia de la enfermedad.

Malezas: para disminuir la incidencia de las mismas y el uso de agroquímicos para su control, se usa el mulch de tipo plástico negro.

A continuación, en la Figura 7 se muestra el cultivo de tomate próximo a cosecha. Se puede ver la sanidad del mismo y el control de malezas.



Figura 7: Cultivo de tomate próximo a la cosecha

Cosecha: se realiza en forma manual y cuando el fruto rompe color. Es escalonada debido a la maduración que presenta el cultivo. La temporada de cosecha se extiende por 2 meses aproximadamente.

Rendimiento: el rendimiento promedio por planta fue de 4,5 kg, es decir 56 frutos aproximadamente por planta.

Comercialización: la producción se comercializa en diferentes verdulerías de la zona. No cuenta con sistema de almacenamiento por lo que el producto se debe comercializar en el corto tiempo después de su cosecha, menor a una semana.

Análisis FODA

Este análisis se realizó sobre el sistema hidropónico para el cultivo de tomate.

Fortalezas:

- El sistema hidropónico permite aumentar la eficiencia de los recursos (agua y fertilizantes) y de la superficie disponible para la producción logrando un producto con menos uso de agua y de fertilizantes, con un óptimo uso de la superficie.
- El sistema hidropónico permite el monocultivo de la especie ya que los cultivos crecen en agua o en un sustrato, es decir que el componente suelo está ausente por lo cual ni las enfermedades ni los parásitos del mismo logran establecerse.

Oportunidades:

- Hay una tendencia del consumidor en adquirir productos que respeten el ambiente y que sean lo más natural posible. Es decir productos con la implementación de buenas prácticas agrícolas.
- El avance de la urbanización sobre los cinturones verdes reduce la superficie disponible para la producción tradicional en suelo. Sin embargo, esto se presenta como una oportunidad para el cultivo hidropónico ya que el mismo puede llevarse a cabo en pequeñas superficies de producción logrando altos rendimientos.

Debilidades:

- Para poder pasar al sistema hidropónico del cultivo de tomate es necesario realizar una inversión en las estructuras que el mismo requiere, como son: caños, caballetes y tanques.
- Debido a que en estos sistemas aumenta la automatización de las actividades, es necesario la capacitación del personal para poder llevar a cabo las mismas y el control del sistema hidropónico.

Amenazas:

- El agua como un recurso de riego es cada vez más escaso.
- Situaciones económicas que bajen el consumo de tomate diferenciado.

Propuestas de mejora

- Producción hidropónica de tomate:

Para llevar adelante esta alternativa de producción en el invernadero en estudio, se propone el uso del sistema NFT (técnica de la película nutriente) para lo cual será necesario adquirir los caños de PVC con los orificios correspondientes. Los plantines se colocarán ahí al momento del trasplante y alrededor de los mismos se pondrá una espuma de goma con el objetivo de darle a la plántula el sostén inicial. Para poder llevar a cabo esta producción, también será necesario contar con el equipo de fertirrigación correspondiente.

A continuación se hace una descripción de la cadena productiva propuesta y del manejo a realizar.

Insumos: los insumos necesarios son: plantines de tomate, esponja soportadora o espuma de goma, solución nutritiva, insecticidas y fungicidas.

Plantines: la variedad cultivada será tipo tomate perita, de crecimiento indeterminado.

Trasplante: las plántulas serán trasplantadas al sistema definitivo cuando tengan 15 cm de altura. Previo a estar en el sistema definitivo, se les colocará la espuma de goma alrededor del cuello.

Sistema hidropónico: el sistema hidropónico que se propone es el NFT o técnica de la película nutriente sin sustrato. Ver anexo 2: marco de siembra tomate hidropónico.

Solución nutritiva y de stock: será aportada por el sistema de fertirrigación a partir de los tanques de stock (A y B).

En las Tablas 6 y 7 se puede observar una solución nutritiva para tomate hidropónico, formulada tanto para los macronutrientes como para los micronutrientes.

Tabla 6: Formulación de la solución nutritiva de macronutrientes para el cultivo de tomate hidropónico.

	a	B	C	D	ml/l	Relación Q/qi	Vol	Añadir
	me/l	PEq	Dens	Riqueza	g/l	-	L	L o kg
H3PO4	1,5	98	1,623	80	0,113	200	1000	22,6
KNO3	8,23	101	-	-	0,831	200	1000	166,2
Ca (NO3). H2O	2,33	118	-	-	0,275	200	1000	55,0
NH4 (NO3)	0,5	80	-	-	0,04	200	1000	8,0

Datos:

-Relación Q/qi= Relación de inyección = 200. Q = caudal del equipo y qi= caudal del inyector del fertilizante.

-Solución madre concentrada 200 veces.

-Volumen de la solución= 1000 l.

Tabla 7: Formulación de la solución nutritiva para el cultivo de tomate hidropónico.

	a	B	D	Producto/l	Relación Q/qi	Vol	Añadir
	mg/l	PM	Riqueza (%)	mg/l	-	L	kg
EDDHA Fe	1,0	360,4	6,00	16,667	200	1000	3,333
MnSO4- . 4 H2O	0,5	246	9,76	5,125	200	1000	1,025
CuSO4- . 5 H2O	0,05	249,5	25,46	0,196	200	1000	0,039
ZnSO4- . 7 H2O	0,05	287,4	22,75	0,220	200	1000	0,044
H3BO3	0,5	61,8	17,49	2,859	200	1000	0,572
(NH4)6 Mo7O24. 4 H2O	0,01	1163,8	57,71	0,017	200	1000	0,003

Datos:

-Relación Q/qi= Relación de inyección = 200. Q = caudal del equipo y qi= caudal del inyector del fertilizante.

-Solución madre concentrada 200 veces.

-Volumen de la solución= 1000 l.

Tutorado: se plantea el sistema de conducción de hilos verticales para aprovechar los alambres con los que ya cuenta el invernadero.

Poda: las plantas serán conducidas a tallo único, eliminando los brotes que salen de las axilas de las hojas.

Plagas y enfermedades: las plagas y enfermedades presentes van a ser las mismas debido a que el ambiente no ha cambiado.

Cosecha: será manual y escalonada debido a que los cultivares usados serán de tipo indeterminado.

Comercialización: el producto obtenido es un producto diferenciado y más caro respecto al producto obtenido mediante el sistema tradicional bajo cubierta. Es por esto que la comercialización deberá hacerse en un mercado para consumidores que estén dispuestos a adquirir tal producto. Un ejemplo podrían ser restaurantes o cocinas gourmets. También el productor podrá tratar directamente con verdulerías dispuestas a vender un producto diferenciado sin tener que pasar por los mercados concentradores. Los frutos de tomate serán comercializados en bolsas de 1 kg aproximadamente.

- Implementación de buenas prácticas agrícolas:

Hay una tendencia en los consumidores en adquirir productos con mayor calidad, inocuidad y que respeten el ambiente. Es por esto que es fundamental obtener un producto en tales términos.

El productor debe conocer los riesgos en su sistema y a partir de esto ver cuáles son las medidas que debe llevar a cabo para controlar, minimizar o eliminar tales riesgos; que pueden ser microbiológicos, químicos y/o físicos.

A partir de una auditoría (anexo 3) realizada sobre el establecimiento y el proceso productivo, se deberían implementar las siguientes buenas prácticas agrícolas:

Uso, manejo y calidad del agua:

- Si bien el establecimiento cuenta con agua potable, se debe asegurar en todo momento que el agua que se utilice para producción, para beber y lavado de manos lo sea. La ley 18.284 del Código Alimentario Argentino establece que el agua no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. Ver anexo 4: normativas para el agua potable.
- Se recomienda el lavado del producto, y en lo posible con el uso de agua caliente. Podrá hacerse mediante un cepillado suave y extracción de polvo o inmersión en agua. El agua utilizada deberá tener 5° más que la pulpa del tomate. Además, para evitar la contaminación del producto, al agua de lavado se le puede agregar hipoclorito de sodio (dosis de 150 a 200 ppm de cloro libre con un pH de 6,5 a 7,5).
- Debido a que no se realizan análisis de agua, se propone el análisis de la misma. El Código Alimentario Argentino exige dos tipos de análisis de agua:

-Análisis microbiológico de agua: debe realizarse cada 6 meses.

Determinación	Valores límites permitidos		
	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella spp.</i>	<i>E. coli o157:H7</i>
Hortalizas y verduras frescas	Ausente	Ausente en 25 g	Ausente en 25 g

-Análisis físico-químico de agua: debe realizarse anualmente. Ver anexo 4: normativas para el agua potable.

Manejo y uso de plaguicidas:

- Debe contar con un lugar de almacenamiento de plaguicidas que sea seguro y se encuentre alejado de las personas y del producto final.
- Triple lavado de los envases vacíos.
- Está prohibida la utilización de envases vacíos para cualquier fin.
- Tener en cuenta los períodos de carencia entre la última aplicación y la cosecha, con el fin de minimizar los riesgos de contaminación de los productos.

Cosecha:

- Asegurar que en el invernadero se encuentre las condiciones para iniciar la cosecha de forma adecuada: sin envases de productos químicos u otros elementos que puedan contaminar el producto, cajones en buen estado, superficies limpias y la zona de almacenamiento preparada.
- Uso de guantes en perfectas condiciones de higiene para manipular el producto.
- Los cajones donde se colocan los tomates a medida que se van cosechando deben estar limpios (sin tierra y sin restos de cosechas anteriores) y sin daños o roturas.
- Control de calidad del producto cosechado: firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, índice de madurez y pérdida de peso.
- Si bien el producto cosechado es almacenado por poco tiempo, el almacenamiento debería ser en un lugar óptimo, lejos de la entrada al invernadero y de los plaguicidas y fertilizantes guardados y con la aireación correspondiente.

Invernadero:

- Realizar una limpieza externa del invernadero y mantenerlo limpio todo el año.
- Realizar una limpieza dentro del invernadero. Para esto se deberá eliminar restos de cosas que no están en uso: envases, macetas, etc.

- Trazabilidad de la producción:

La trazabilidad es la capacidad para seguir el movimiento de un alimento a través de las etapas de producción, transformación y distribución.

El objetivo es que la cadena de abastecimiento sea visible del campo al consumidor, con el objetivo de brindar confianza a quien adquiera el producto para el consumo.

Para implementar la trazabilidad, el productor debe considerar puntos fundamentales como: la identificación de todas las partes que participan en el proceso productivo y el registro de datos, los cuales se deben guardar y archivar de manera que siempre estén disponibles. Para el registro de datos, lo podrá hacer de manera digitalizada, completando la planilla de trazabilidad. De esta manera los datos estarán siempre disponibles y de manera organizada.

El consumidor podrá visualizar la trazabilidad del producto a partir de un código QR, el cual estará sobre la parte externa de una bolsa, donde estarán los frutos de tomate.

En la Tabla 8 se presentan una serie de pautas que ayudarán al productor a tener un registro de cada actividad que realiza durante el proceso productivo.

Tabla 8: Planilla para el registro de datos para la trazabilidad del tomate hidropónico.

		Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
Trasplante							
Control químico para plagas y enfermedades	Productos químicos y dosis utilizada para el control de plagas						
	Productos químicos y dosis utilizada para el control de enfermedades						
	Número de aplicaciones de fungicidas						
	Número de aplicaciones de insecticidas						
Cosecha	Momentos cosecha						
	Frecuencia de cosecha						

Análisis de negocio

A continuación, se detallan los análisis económicos del sistema tradicional bajo cubierta con aplicación de compost y de la producción propuesta (cultivo de tomate en hidroponía). Ambos análisis fueron calculados sobre la superficie del invernadero en estudio, 240 m². Además, se muestra la inversión necesaria y el período de recupero de la misma.

Por último se realizó un análisis sobre una superficie de 5000 m² para conocer en detalle el resultado económico del sistema propuesto (sistema hidropónico de tomate) en caso de tratarse de un productor que cuenta con una superficie productiva óptima.

Análisis económico de la producción de tomate en sistema tradicional bajo cubierta con aplicación de compost:

Costos:

Como se observa en la Tabla 9, el costo de este sistema de producción es de \$11.252,89.

Tabla 9: Costos del cultivo de tomate en sistema tradicional bajo cubierta.

	\$ / unidad	Unidades /ha	\$ / ha	\$ sup invernadero (240m ²)
Jornales	32.000	4	128.000	3.072
Compost (tn)	4.145	30	124.350	2.984,4
Cinta de riego	11.900	1	11.900	285,6
Mulch	12.000	1	12.000	288
Trasplante	3	33.300	99.900	2.397,6
Hilo (m)	0,86	83.250	71.595	1.718,28
Triple 15 (kg)	19,14	533	10.201,62	244,84
Nitrato de amonio calcáreo (kg)	13,34	127	1.694,18	40,66
Nitrato de potasio (kg)	21,46	77	1.652,42	39,66
Sulfato de potasio (kg)	18,56	170	3.155,2	75,72
Insecticida (l)	740	1,8	1.332	31,97
Fungicida (l)	2.575	1,2	3.090	74,16
Total costos				11.252,89

Ingresos:

Con respecto a los ingresos, como se dijo anteriormente, en este sistema el rendimiento por planta es de 4,5 kg; lo que se corresponde con 14,98 kg/m² y 3595,2 kg totales. Tomando el precio promedio (\$19,6) al cual el productor vendió su producción durante los meses de noviembre, diciembre y enero; se obtiene un ingreso bruto de \$70.465,92.

$$\text{IB} = 3595,2 \text{ kg} \times \$19,6 = \$70.465,92.$$

Margen bruto:

El margen bruto obtenido a partir de este sistema es de \$ 59.213,03.

$$\text{MB} = 70.465,92 - 11.252,89 = \$59.213,03.$$

Análisis económico de la producción del cultivo de tomate en hidroponía:

Costos:

Como se observa en la Tabla 10, el costo obtenido a partir de este sistema es de \$25.063,01.

Tabla 10: Costos del cultivo de tomate hidropónico.

	\$ /unidad	Unidades / ha	\$/ ha	\$ sup invernadero (240m2)
Jornales	32.000	4	128.000	3.072
Trasplante	3	33.300	99.900	2.397,6
Hilo (m)	0,86	83.250	71.595	1.718,28
Solución nutritiva	10.889			10.889
Insecticida (l)	740	1,8	1.332	31,97
Fungicida (l)	2.575	1,2	3.090	74,16
Embolsado y etiqueta				6.880
Total costos				25.063,01

Ingresos:

Los ingresos de este sistema son de \$285.120, lo que se corresponde con un rendimiento de 9.600 kg totales (40 kg/m²) y un precio de venta de 29,7 \$/kg.

$$\text{IB} = 9.600 \text{ kg} \times 29,7 \text{ \$/kg} = \$285.120.$$

Margen bruto:

El margen bruto anual obtenido del cultivo de tomate hidropónico sería de \$260.056,99.

$$\text{MB} = 285.120 - 25.063,01 = \$260.056,99.$$

Inversión necesaria para la producción de tomate en hidroponía:

Para poder llevar adelante la producción hidropónica en el invernadero en estudio es necesario contar la estructura y el sistema de fertirrigación correspondiente. Es por esto que se deberá hacer una inversión de \$260.000, la cual incluye: caños de PVC (donde irán las plantas), caños de inyección y de recolección de la solución sobrante, tanques para las soluciones de stock, bomba, mano de obra de colocación y caballetes (donde se colocaran los caños de PVC con las plantas).

El período de recupero de la inversión a realizar sería menor a 1 año ya que el margen bruto obtenido en este sistema (\$260.056,99) supera el monto necesario de la inversión (\$260.000).

Período de Recupero < 1 año.

Para cubrir la inversión, el precio mínimo de venta sería de \$29,69.

$$\text{Precio mínimo} = (\$260.000 + 25.063,01) / 9.600 \text{ kg} = \$29,69.$$

Es decir, que el producto puede ser vendido a un precio mínimo del 48% más caro que el precio promedio actual (\$19,6).

Análisis económico de la producción del cultivo de tomate en hidroponía para un productor de 5000 m2:

En este caso se plantea el análisis económico para un productor que cuenta con un invernadero de media hectárea y quiere pasar al sistema hidropónico del cultivo de tomate.

Costos:

Como en el caso anterior para calcular el costo se tienen en cuenta los mismos factores pero debido a que aumenta la superficie del invernáculo el valor de los mismos cambia. De esta forma el costo total del cultivo será de \$547.706.

Ingresos:

Los ingresos para este sistema son de \$5.940.000. Este resultado se obtiene con un rendimiento de 200.000 kg (40 kg/m²) y un precio de venta de 29,7 \$/kg.

$$\text{IB} = 200.000 \text{ kg} \times 29,7 \text{ \$/kg} = \$5.940.000.$$

Margen bruto:

El margen bruto anual obtenido del cultivo de tomate hidropónico para una superficie de 5000 m² sería de \$5.914.936,99.

$$\text{MB} = 5.940.000 - 547.706 = \$5.392.294.$$

Inversión necesaria para la producción de tomate en hidroponía:

Al igual que en el caso anterior, será necesario hacer una inversión para pasar al sistema hidropónico para el cultivo de tomate. En este caso, debido a la mayor superficie (5000 m²), la inversión necesaria será de \$5.100.000.

En este caso el período de recupero de la inversión también será menor a 1 año debido a que el margen bruto anual supera al capital necesario para pasar al sistema hidropónico.

A modo de resumen, en la Tabla 11 se detallan los indicadores económicos para cada sistema productivo.

Tabla 11: Comparación económica de los sistemas de producción.

	Cultivo de tomate en sistema bajo cubierta	Cultivo de tomate hidropónico (240 m2)	Cultivo de tomate hidropónico (5000 m2)
Costo total	\$11.252,89	\$25.063,01	\$547.706
Ingreso bruto	\$70.465,92	\$285.120	\$5.940.000
Margen buro	\$59.213,03	\$260.056,99	\$5.392.294

Consideraciones finales

Con respecto a las buenas prácticas agrícolas, a partir de la auditoría llevada a cabo se concluye que para pasar del sistema tradicional bajo cubierta al sistema hidropónico con aplicación de buenas prácticas hay varios aspectos a mejorar y así lograr una producción que cuente con el uso de las mismas.

La aplicación de buenas prácticas en la producción de tomate hidropónico, en comparación con el sistema tradicional bajo cubierta, permite obtener un producto más inocuo, de mayor calidad y en términos amigables con el ambiente.

En cuanto a la trazabilidad, se concluye que mediante el sistema de registro digitalizado propuesto el productor podrá tener la información más ordenada y a un alcance más rápido. Por otro lado, la posibilidad de que los registros sean digitalizados permite cargarlos a una red a la cual podrán acceder los consumidores y visualizar la cadena de producción. De esta forma se logra generar mayor confianza en los consumidores.

Con respecto al cultivo de tomate en hidroponía, resulta de una alternativa de producción para darle valor agregado al producto final debido a los beneficios de esta técnica de producción (mayor eficiencia de los recursos), permitiendo aumentar el precio de venta del producto.

Por último, el sistema productivo hidropónico resulta beneficioso para el productor ya que aumenta sus ingresos por el mayor precio de venta y rendimiento por unidad de superficie.

Bibliografía

- Álvarez, M. (2016). *Hidroponía*. Buenos Aires: Albatros.
- Código Alimentario Argentino. (s.f.). *Capítulo XI: Alimentos Vegetales*. Buenos Aires. Recuperado de http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_XI.pdf
- Consultoras de aguas (s.f.). *Normas oficiales para la calidad del agua Argentina: Disposiciones de la ley 18284 del Código Alimentario Argentino*. Buenos Aires. Recuperado de http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/24_Normas_oficiales.pdf
- Argerich, C., Troilo, L., Rodríguez Fazzone, M., Izquierdo, J., Strassera, M. E., Balcaza, L., & Iribarren, M. J. (s.f.). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena de tomate*. Buenos Aires. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/019/i1746s/i1746s.pdf>
- Beltrano, J., & Giménez, D. O. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Bima, P., & Fontán, H. (2016). *Sistemas de producción de cultivos intensivos*. Córdoba.
- FAO. (2007). *Norma para el tomate*. España. Recuperado de <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius.pdf>
- Fiorentini, C. (s.f.). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para tomate*. Buenos Aires. Recuperado de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/publicaciones/calidad/BPA/MANUAL_BPA_TOMATE.pdf
- García Ramírez, M. (2015). *Cultivo de tomate hidropónico*. Revista HortiCultivos, 8-14. Recuperado de <https://www.horticultivos.com/cultivos/cultivo-de-tomate-hidroponico/>
- Hernandez, J. (2016). *Tomate hidropónico*. México. Recueperado de <http://www.oasieasyplant.mx/2016/08/tomate-hidroponico/>
- Howard, M. R. (2001). *Cultivos hidropónicos*. Madrid: Mundi-prensa.
- Lara Herrera, A. (2000). *Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía*. México. Recuperado de <https://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf>

Anexos

Anexo 1: Entrevista realizada al productor:

1) ¿Tipo de invernadero? ¿Ubicación?

El invernadero es tipo capilla con ventilación forzada y tiene una ubicación N-S.

2) ¿Medidas y superficie del invernadero? ¿Materiales de construcción?

El invernadero tiene 20 m de largo por 12 m de ancho, que serían 240 m², y los materiales de construcción son policarbonato en las paredes, polietileno de larga duración térmica en el techo y estructura de hierro.

3) ¿Largo de los canteros? ¿Y distancia entre canteros?

Son de 8,5 m de largo y están separados a 1 m.

4) Con respecto a los plantines, ¿dónde los consigue? Y ¿cuál es la variedad usada?

Los plantines se consiguen en Córdoba en la firma “Plantaflor” y la variedad que se cultiva es tomate tipo perita de crecimiento indeterminado.

5) ¿Dónde consigue el compost? ¿Cómo está formulado?

Es elaborado por la cátedra de edafología a partir de estiércol bovino y aserrín.

6) ¿En qué fecha se efectúa el trasplante? ¿A qué distancia se trasplantan las plantines?

Son trasplantados en el mes de Agosto a una distancia de 0,3 m entre plantas.

7) ¿Cómo es el sistema de riego usado? ¿Y el de fertilización?

El sistema de riego cuenta con un tanque de 5,5 m³ y una bomba con un Q de 20 – 130 l/min. La fertilización del cultivo se realiza en forma manual, una vez por semana. El aporte de nutrientes se realiza teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo en las distintas etapas fenológicas, independientemente del agregado de compost.

8) ¿Cómo es el control de la temperatura y de la humedad en el invernadero?

Para disminuir las altas temperaturas, el invernadero cuenta con un sistema de ventilación forzada. Los ventiladores se encienden cuando la temperatura del interior del invernadero supera los 27°C. Con respecto a la humedad, el invernadero no cuenta con un sistema de control.

9) ¿Cómo es el manejo del cultivo? ¿Poda? ¿Tutorado?

En cuanto a la poda, las plantas se conducen a tallo único. Y el sistema de tutorado usado es el de hilos verticales.

10) ¿Cómo es el control de plagas y enfermedades?

El control es químico.

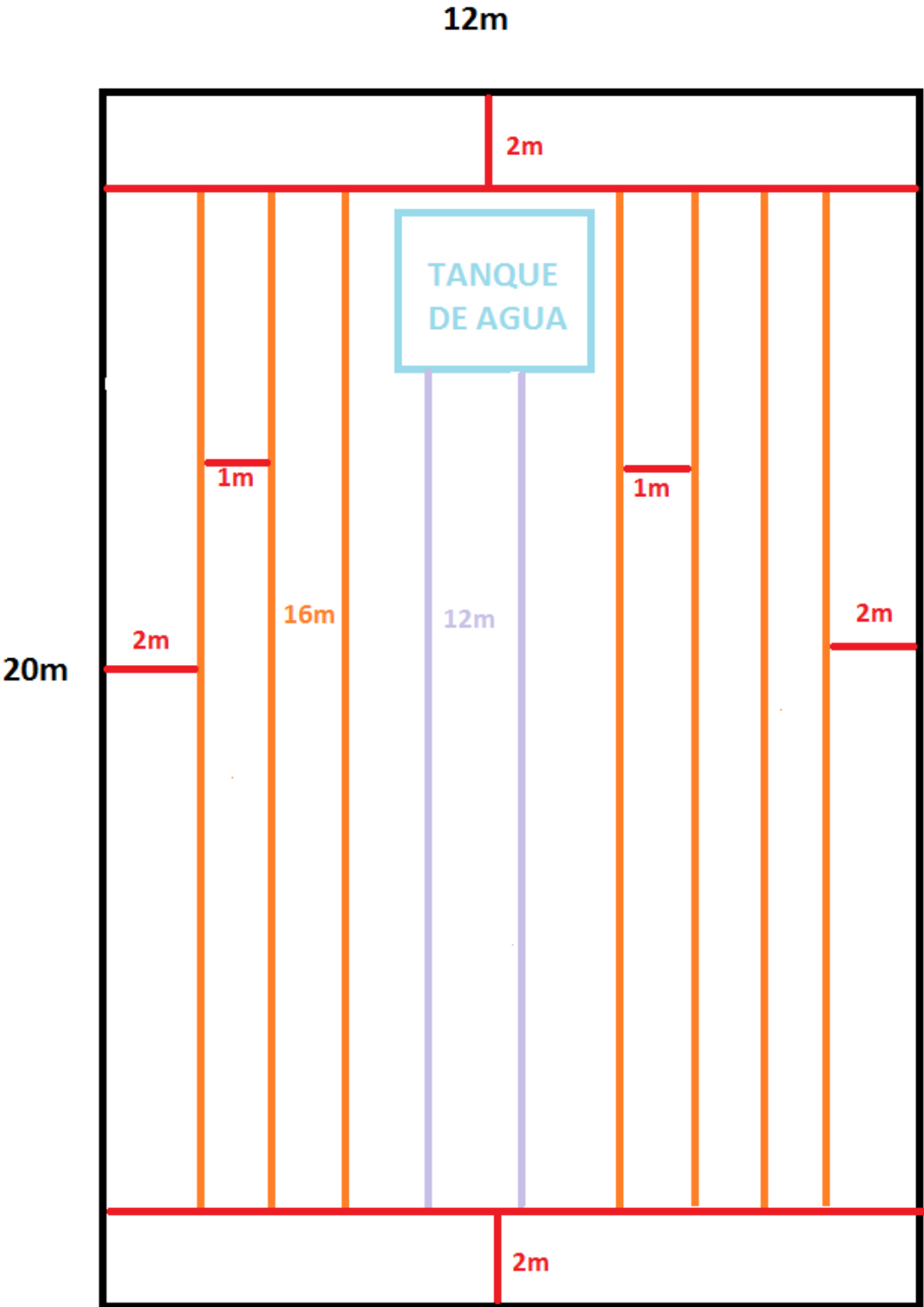
11) ¿Hay aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas?

No hay aplicación de buenas prácticas agrícolas.

12) ¿Cosecha? ¿Momento y forma? ¿Rendimiento? ¿Destino de la producción?

La cosecha se realiza en forma escalonada, cuando los frutos rompen color y en forma manual. El destino de la producción son verdulerías cercanas. El rendimiento aproximado por planta es de 4,5 kg, 56 frutos por planta aproximadamente.

Anexo 2: Marco de siembra.



Anexo 3: Lista de chequeo para auditoría.

Nombre del Establecimiento: Invernadero de Olericultura			
Dirección: Av. Cd. De Valparaíso, 5000.		Localidad: Córdoba	
Teléfono: -		Correo electrónico:-	
Nivel de Producción: Grande: Mediana: X Pequeña:			
Destino de la Producción: Regional: X Nacional: Exportación:			

	REQUISITOS	PUNTUACIÓN	PUNTAJE MÁXIMO	OBSERVACIONES
1	La producción se encuentra libre de riesgos de contaminación (canales de aguas contaminadas, plantas industriales) a su alrededor.	10	10	
2	Las semillas se encuentran identificadas y libres de plagas y/o enfermedades.	10	10	
BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN RELACIÓN AL AGUA				
3	El establecimiento cuenta con agua (potable) apta para el consumo humano.	10	10	
4	El establecimiento cuenta con agua para riego agrícola que cumple con normas de calidad. Registro.	0	10	No realiza análisis de agua.
5	La producción cuenta con agua caliente para el lavado de los productos.	0	10	No lava el producto.
6	El agua de lavado presenta agentes antimicrobianos para reducir los microorganismos patógenos.	0	10	No lava el producto.

7	Los depósitos de agua se encuentran cubiertos, protegidos y limpios.	10	10	
BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN RELACIÓN AL MANEJO Y USO DE PLAGUICIDAS.				
8	El establecimiento cuenta con una factura del producto adquirido debidamente responsable. Registro.	10	10	
9	El lugar de almacenamiento de los plaguicidas es adecuado y no entra en contacto con ningún tipo de alimento, personas o animales.	0	10	Los plaguicidas quedan en el armario dentro del invernadero.
10	Los plaguicidas son manejados por personal responsable, entrenado y en edad adecuada para tal labor.	10	10	
11	El destino de los envases de plaguicidas ya utilizados es en un centro de acopio.	0	10	
12	Los productos que el establecimiento utiliza son autorizados para poder ser aplicados. Registro.	10	10	
13	El personal utiliza el equipo correspondiente para la aplicación.	10	10	
14	El establecimiento cuenta con botiquín de primeros auxilios en caso de intoxicación.	0	10	
15	El productor realiza un análisis del producto cosechado para corroborar ausencia de residuos tóxicos. Registro.	0	10	No realiza análisis.
16	El productor tiene un registro de fecha de aplicación, producto y dosis aplicada.	10	10	

17	El productor tiene registro del tipo de plaguicida aplicado.	10	10	
BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN RELACIÓN A LA COSECHA				
18	La cosecha se realiza en el estado de madurez apropiado de la planta.	10	10	
19	El producto cosechado se coloca en recipientes limpios y adecuados.	10	10	
20	El lugar de almacenamiento de hortalizas cosechadas se encuentra alejado de productos como fertilizantes, plaguicidas, etc.	0	10	Los fertilizantes y plaguicidas no se encuentran alejados ni en un lugar seguro.
21	La manipulación del producto se realiza con guantes en perfectas condiciones de higiene.	0	10	No usa guantes para manipular el producto.
22	Se realiza un control de calidad del producto final (análisis microbiológico químicamente y bacteriológicamente). Registro.	0	10	No realiza ningún tipo de análisis.
23	Los productos para el envasado son aptos y se encuentran limpios.	0	10	No hay envasado
24	El almacenamiento de los productos se encuentra en un lugar adecuado.	0	10	El tiempo de almacenamiento es muy corto. Los tomates quedan en los cajones, los cuales quedan cerca de la puerta de ingreso al invernadero.
25	La rotulación de los productos es la adecuada.	0	10	No realiza rotulación de los productos.
ESTRUCTURA DEL INVERNADERO				
26	El lugar y orientación de la estructura del invernadero se encuentra hacia el norte.	5	5	

27	El invernadero presenta una estructura firme, hermética y sólida.	5	5	
28	Los cimientos son de concreto, con vigas de amarre y paredes de soporte.	5	5	
29	Las cubiertas del invernadero son policarbonato de alta calidad.	5	5	
30	El invernadero cuenta con mallas de sombra adecuadas para combatir el calor.	5	5	
31	El invernadero presenta un buen mantenimiento de la estructura.	5	5	
32	Presenta condiciones de limpieza adentro y afuera del invernadero.	0	5	Tanto adentro como afuera no tiene la limpieza correspondiente.
33	El invernadero presenta un buen estado en los pisos, libres de malezas.	5	5	
34	Cuenta con instalaciones eléctricas seguras para no ocasionar ningún riesgo personal.	5	5	
35	El invernadero presenta una altura adecuada.	5	5	
36	El invernadero cuenta con un buen estado y mantenimiento del tanque utilizado.	5	5	
37	Las tuberías para la distribución de agua, se encuentra en buen estado y limpieza.	5	5	
38	El estacionamiento de los vehículos está lejos del lugar de manipulación del producto.	5	5	

PUNTUACIONES
Entre 90% y 100%: Aprobado
Entre 80% y 90%: Aprobado pero con observaciones
Menos del 80%: No aprobado

Valoración por bloque en porcentaje:

-(1 al 2):

$$20/20 * 100 = 100\%$$

-Buenas prácticas agrícolas en relación al agua (3 al 7):

$$20/50 * 100 = 40\%$$

-Buenas prácticas agrícolas en relación al manejo y uso de plaguicidas (8 al 17):

$$60/100 * 100 = 60\%$$

-Buenas prácticas agrícolas en relación a la cosecha (18 al 25):

$$20/80 * 100 = 25\%$$

-Estructura del invernadero (26 al 38):

$$60/65 * 100 = 92,31\%$$

Valoración total en porcentaje:

$$(100\% + 40\% + 60\% + 25\% + 92,31\%)/5 = 63,46\%$$

El valor obtenido (63,46%), determina que la auditoria llevada a cabo no está aprobada, por lo que hay muchos aspectos a corregir para mejorar la producción.

Anexo 4: Normativas para agua potable.

Características físicas:		
Turbiedad:	máx.:	3 N T U;
Color:	máx.:	5 escala Pt-Co;
Olor:		Sin olores extraños.
Características químicas:		
pH:		6,5 – 8,5;
pH sat.:		pH \pm 0,2.
Substancias Inorgánicas:		
Amoníaco (NH ₄ ⁺)	máx.:	0,20 mg/l
Aluminio residual (Al)	máx.:	0,20 mg/l;
Arsénico (As)	máx.:	0,05 mg/l;
Cadmio (Cd)	máx.:	0,005 mg/l;
Cianuro (CN ⁻)	máx.:	0,10 mg/l;
Cinc (Zn)	máx.:	5,0 mg l (sic);
Cloruro (Cl ⁻)	máx.:	350 mg/l;
Cobre (Cu)	máx.:	1,00 mg/l;
Cromo (Cr)	máx.:	0,05 mg/l;
Dureza total (CaCO ₃)	máx.:	400 mg/l
Fluoruro (F ⁻)	N.E.: ver más abajo	
Hierro total (Fe)	máx.:	0,30 mg/l;
Manganeso (Mn)	máx.:	0,10 mg/l;
Mercurio (Hg)	máx.:	0,001 mg/l;
Nitrato (NO ₃ ⁻)	máx.:	45 mg/l;

Planilla General de Ordenamiento de Contenidos de Ética, Desarrollo Personal, Responsabilidad Social y Profesional									
Nº	Públicos de Interés relacionados con el TAI	Oportunidad / Afectación Positiva	Riesgo / Afectación Negativa	Respuesta de Gestión de RS&S	Indicador de RS&S nº / Justificación	Tipo de Valor Generado para los Públicos de Interés			Objetivos de desarrollo sostenible
						Etico-Cultural	Social	Ambiental	
	De afectación directa								
	Productor	Mayor ingreso económico por rinde y calidad. Nuevos mercados. Nuevos clientes.	Resistencia al cambio en su sistema de producción. Consumidores que no se adaptan a este tipo de producto.	Debido al poco conocimiento sobre esta técnica de cultivo, el productor estará en contacto y permitirá la participación de los grupos interesados y que así los consumidores acepten el nuevo sistema. Mediante el uso de BPA, la trazabilidad y el sistema hidropónico obtiene mayores ingresos y rindes.	RELACIONES TRANSPARENTES CON LA SOCIEDAD 4 - Diálogo y participación de los grupos de interés. 6 - Memoria de responsabilidad social y reporte de sustentabilidad. Elaboración de informes económicos, sociales y ambientales.	Debido al uso de la trazabilidad y de las BPA, el productor no solo piensa en su producción sino también en quien consumirá el producto final.	Se genera un valor social ya que el productor estará en contacto y permitirá la participación de otras personas interesadas.	Mediante el uso de las prácticas nombradas anteriormente, el productor obtiene un producto diferenciando y con mayor precio de venta.	Hambre cero. Agua limpia y saneamiento.

	Estudiantes	Capacitación sobre nuevos modelos productivos. Incorporación de nuevas habilidades, técnicas y conocimientos de trabajo.	Desvalorización de los sistemas productivos anteriores y actualmente vigentes.	Conocimiento de nuevas tecnologías que permiten un uso más eficiente del recurso agua y de insumos como los fertilizantes. Para evitar la desvalorización de los sistemas anteriores se procederá a una demostración del análisis económico y productivo de los 2 modelos.	GERENCIAMIENTO DEL IMPACTO AMBIENTAL 35 - Sustentabilidad de materiales e insumos. 36 - Uso Sustentable del agua.	El sistema de producción propio, en conjunto con las BPA y la trazabilidad permiten al estudiante no solo pensar en el sistema productivo, sino también para quienes producen (consumidores).	Por el conocimiento de nuevas técnicas de producción, se genera en los estudiantes mayor conciencia sobre los recursos usados, principalmente el recurso agua.		Educación de calidad.
	Consumidor	Posibilidad de adquirir un producto diferenciado. Posibilidad de elegir sobre diferentes tipos de productos.	Costo alto. Prejuicios sobre el producto hidropónico.	Por el uso de BPA y de la trazabilidad, el consumidor podrá adquirir un producto diferenciado en distintos centros de venta. Para evitar que el consumidor juzgue el nuevo producto, mediante la trazabilidad de la producción el consumidor podrá observar la cadena productiva y estar informado sobre el sistema.	SALUD Y SEGURIDAD DEL CONSUMIDOR - INOCUIDAD Y TRAZABILIDAD 46 - Cuidado de la inocuidad de los alimentos y de las prácticas productivas que podrían afectarlos. IMPACTO ECONÓMICO INDIRECTO 47 - Gerenciamiento del impacto de la empresa en la comunidad entorno.	Al consumir productos de este tipo, el consumidor fomenta el uso de BPA y el cuidado del ambiente por las mismas.			Producción y consumo responsable.

Personal de trabajo	Nuevos conocimientos, habilidades y técnicas de trabajo. Aumento en las oportunidades laborales. Desarrollo personal.	Falta de aceptación sobre el nuevo modelo productivo y los cambios en las actividades.	A través de cursos y capacitaciones, los trabajadores podrán adquirir nuevos conocimientos y técnicas. Para evitar la falta de aceptación se realizarán comparaciones entre los 2 modelos.	TRABAJO DECENTE 16 - Compromiso con el desarrollo profesional y la empleabilidad. SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO Y CALIDAD DE VIDA 18 - Cuidados de Salud, Seguridad y Condiciones de Trabajo. DERECHOS HUMANOS Y RESPETO AL INDIVIDUO 22 - Compromiso con el futuro de los niños, compromiso contra el trabajo infantil.	Este modelo productivo va a acompañarse de cambios en la forma de trabajar, tomando más consciencia sobre el lugar de producción y la forma de producir.				Trabajo decente y crecimiento económico.
De afectación indirecta									
Proveedores	Mayor demanda de su producto. Desarrollo de proveedores.	Estandares altos de exigencias.	Ayudar a que los productores puedan cumplir con los estándares de exigencia.	SELECCIÓN, EVALUACIÓN Y ALIANZA CON PROVEEDORES 42 - Criterios de Selección y Evaluación de Proveedores. 43 - Lucha contra el trabajo infantil y el trabajo forzado en la cadena productiva. DESARROLLO DE LAS ECONOMÍAS LOCALES 44 - Apoyo al desarrollo de proveedores.	Debido a la necesidad de nuevos productos y a la tendencia de este nuevo sistema productivo, los proveedores se ven favorecidos y pueden aumentar la gama de productos ofrecidos y aumentar sus ventas.				
Supermercados	Mayor gama de productos para vender. Posibilidad de nuevos clientes. Posibilidad de aumentar las ventas.	Mayor competencia entre ellos. Alto precio de venta.	Para atraer a nuevos clientes deberán promocionar el producto. Y para disminuir el impacto por mayores precios de venta los supermercados pueden incorporar precios cuidados.	RELACIONES ÉTICAS CON LA SOCIEDAD 50 - Participación en el desarrollo de políticas públicas.	Por la venta de un producto diferenciado, que aplique BPA y trazabilidad.				

