



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Facultad de Ciencias Económicas

Licenciatura en Administración y Gestión de Agronegocios

TRABAJO FINAL DE CARRERA

**Hidroponía aplicada al cultivo de frutilla en la provincia de
Buenos Aires: una revisión sobre la situación actual,
potencialidades y limitaciones**

Autor: Santiago Dimet

N.º de matrícula: 5255

Tutor: Ing. Agr. Cristian Belesansky

Año: 2026

Índice

Resumen	4
Palabras clave	4
Introducción	5
Planteamiento del problema	6
Justificación	7
Alcance y limitaciones del estudio	7
Pregunta de investigación	8
Objetivos.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos	9
Marco teórico	9
El cultivo de frutilla: características botánicas y ciclo productivo.....	9
Inducción floral, variedades y calendario productivo.....	10
Material de propagación y estructura del ciclo.....	10
La producción de frutilla en Argentina	11
La producción de frutilla en la provincia de Buenos Aires.....	12
El cultivo de frutilla en suelo: manejo, ciclo y principales desafíos.....	13
Preparación del terreno y estructura del cultivo	13
Manejo del cultivo.....	13
Los desafíos del sistema	14
Ventanas de producción, estacionalidad y formación de precios.....	15
El calendario nacional de oferta	15
Estacionalidad de la oferta y comportamiento de los precios	16
La proximidad al mercado como variable económica	16
Cultivo sin suelo e hidroponía: precisión conceptual	16
La clasificación funcional: sustrato y agua.....	17
Implicancias respecto del cultivo en suelo.....	17
Sistemas hidropónicos aplicables a frutilla.....	18

Sistemas en sustrato	18
Sistemas de cultivo en agua	19
El sistema NGS como planteo híbrido.....	20
Potencialidades y limitaciones de la hidroponía en frutilla	22
Potencialidades técnicas y productivas	22
Limitaciones técnicas, económicas y ambientales	23
La dimensión económica: inversión, costos y contexto argentino	24
El contexto macroeconómico argentino.....	24
El precio como variable de diseño	25
Diferenciación comercial, mercado gourmet y diversificación	26
El argumento de la calidad	26
Diversificación como estrategia de riesgo	26
Experiencias nacionales y antecedentes disponibles	27
Marco metodológico	27
Resultados	28
Delimitación conceptual y modalidades aplicables	28
Condiciones de adopción en la provincia de Buenos Aires	29
Desempeño técnico y límites de la evidencia disponible	29
Estacionalidad y oportunidad económica.....	30
Diferenciación comercial y diversificación.....	30
Conclusiones	30
Bibliografía	33

Resumen

Este trabajo examina la situación actual de los sistemas hidropónicos aplicados al cultivo de frutilla en Argentina, con especial atención a la provincia de Buenos Aires, y analiza las condiciones técnicas, económicas y comerciales que inciden en su implementación. La investigación se desarrolla mediante una revisión bibliográfica documental, descriptiva y analítica basada en informes públicos, trabajos del INTA y publicaciones científicas nacionales e internacionales. Se adopta una definición amplia de hidroponía, equivalente a cultivo sin suelo, que comprende sistemas en sustrato y sistemas con raíces en contacto directo con la solución nutritiva. Entre las modalidades revisadas, el cultivo en sustrato presenta la mayor adecuación para frutilla por el soporte que ofrece y por su capacidad de amortiguar variaciones del fertirriego. El cultivo en suelo continúa sosteniendo el abastecimiento nacional, aunque en determinados establecimientos enfrenta problemas sanitarios, dificultades de rotación y exposición climática. Desde la gestión de agronegocios, la principal oportunidad de los sistemas bajo cubierta se vincula con la posibilidad de extender o desplazar la cosecha hacia meses de menor oferta y mejores precios. Su factibilidad depende de la inversión inicial, los costos de energía, el acceso a insumos y asistencia técnica, la gestión de residuos y la capacidad de colocar el producto en canales que reconozcan su calidad y oportunidad. Los datos locales no alcanzan para establecer parámetros generales de rentabilidad. Cada proyecto requiere una evaluación situada que articule sistema productivo, calendario de cosecha, escala y estrategia comercial.

Palabras clave

hidroponía, producción, frutilla, cultivo sin suelo, Buenos Aires.

Introducción

La frutilla ocupa un lugar relevante dentro de la horticultura argentina por su valor comercial, la intensidad de mano de obra que requiere y su presencia en distintas economías regionales. La superficie implantada se ubica entre 1.500 y 1.700 hectáreas y la producción anual entre 45.000 y 50.000 toneladas. Coronda, Lules, Mar del Plata y el cinturón hortícola del Área Metropolitana concentran buena parte de la actividad y, mediante calendarios productivos diferentes, permiten abastecer el mercado interno durante gran parte del año (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca SAGyP, 2023).

La provincia de Buenos Aires reúne alrededor de 550 hectáreas y es la principal zona productora en términos de superficie (SAGyP, 2023). Su cercanía al mayor centro de consumo del país representa una ventaja concreta para una fruta de elevada perecibilidad, cuya calidad y vida útil disminuyen rápidamente después de la cosecha. Esa localización reduce tiempos de traslado, facilita el acceso a distintos canales comerciales y vuelve especialmente pertinente el análisis de tecnologías capaces de ofrecer fruta uniforme y previsible.

Los planteos comerciales incorporan camellones, acolchado plástico, riego por goteo, fertirriego y diferentes formas de protección, como el microtúnel. La repetición del cultivo sobre los mismos lotes, sin embargo, favorece la proliferación de patógenos radiculares, dificulta las rotaciones y aumenta la dependencia de prácticas de desinfección sujetas a restricciones ambientales y regulatorias. La evaluación de alternativas debe considerar de manera conjunta el desempeño agronómico y la viabilidad económica, ya que el rendimiento por sí solo no determina la conveniencia de un sistema productivo (Adlercreutz et al., 2020).

En este contexto ganaron visibilidad los sistemas de cultivo sin suelo. La literatura científica emplea habitualmente “hidroponía” y “cultivo sin suelo” como términos equivalentes. Dentro de esa categoría distingue los sistemas en sustrato de aquellos en los que las raíces se desarrollan directamente en una solución nutritiva (Hutchinson et al., 2025; Savvas & Gruda, 2018). Para la frutilla, el cultivo en sustrato es la modalidad más extendida. Los sistemas concebidos principalmente para hortalizas de hoja presentan mayores restricciones frente a una planta de ciclo prolongado, porte considerable y cosecha manual frecuente.

La adopción de estas tecnologías tampoco puede analizarse únicamente a partir de sus ventajas técnicas. La oferta argentina alcanza sus mayores volúmenes durante la primavera, mientras que entre abril y junio disminuyen los

ingresos al Mercado Central de Buenos Aires y aumentan los precios (SAGyP, 2023). La capacidad de adelantar, prolongar o desplazar la cosecha hacia esa ventana puede modificar la ecuación económica, pero exige infraestructura, energía, manejo especializado y una estrategia comercial capaz de capturar el diferencial de valor. A pesar de la existencia de ensayos y experiencias nacionales, aún falta información integrada sobre inversión, costos operativos, escala, rentabilidad y plazos de repago.

A partir de este escenario, el trabajo organiza y analiza la información disponible sobre hidroponía aplicada a frutilla en Argentina, con foco en la provincia de Buenos Aires. El análisis busca precisar las modalidades pertinentes para el cultivo, los problemas productivos que podrían resolver, las restricciones que condicionan su adopción y las oportunidades económicas y comerciales que justifican su evaluación desde la gestión de agronegocios.

Planteamiento del problema

La producción argentina de frutilla combina un cultivo de alto valor unitario con estructuras productivas heterogéneas. Conviven establecimientos de pequeña y mediana escala, zonas con fuerte concentración empresarial y regiones que abastecen al mercado en momentos diferentes del año. Esta diversidad impide evaluar una tecnología en abstracto: además de establecer si funciona agronómicamente, es necesario determinar para qué tipo de productor, bajo qué escala y con qué condiciones de inversión puede resultar viable.

El cultivo tradicional en suelo mantiene su predominio, pero enfrenta restricciones concretas en establecimientos con historia frutillera prolongada o superficie limitada. La degradación física y química del perfil, el incremento de patógenos de suelo, las dificultades para rotar y la exposición a excesos hídricos afectan el rendimiento y la calidad comercial. Los sistemas hidropónicos ofrecen una respuesta parcial al separar las raíces del suelo agrícola, permitir un manejo preciso del agua y los nutrientes y, en configuraciones elevadas, mejorar las condiciones de cosecha. El alcance de esta revisión no permite establecer la superioridad general de una modalidad. Esa comparación requeriría mediciones propias de rendimiento, consumo hídrico, costos, energía, sanidad e impacto ambiental bajo condiciones equivalentes.

La información disponible se encuentra fragmentada. Persisten diferencias terminológicas que ubican al cultivo en sustrato fuera de la hidroponía, aun cuando la literatura científica lo integra dentro del cultivo sin suelo. Los antecedentes nacionales abordan aspectos parciales, entre ellos la factibilidad

técnica, el manejo de sustratos, la calidad de la fruta y la sanidad, y pocas veces permiten una lectura conjunta. La inversión inicial, la estructura de costos, el financiamiento y la estacionalidad de los precios reciben todavía una atención limitada, pese a su importancia para un producto perecedero y para una tecnología cuyo capital se recupera durante varias campañas.

El problema de investigación consiste en sistematizar esa evidencia e integrar el análisis agronómico con las condiciones económicas y comerciales de adopción. Esta articulación permite reconocer las situaciones en las que la hidroponía podría resultar pertinente para la producción bonaerense de frutilla, las restricciones que deben contemplarse y la información que aún falta producir antes de formular conclusiones de factibilidad.

Justificación

La elección de la provincia de Buenos Aires se fundamenta en su peso productivo y comercial. Con el 37 % del área implantada del país y una participación cercana al 43 % de los volúmenes que ingresan al Mercado Central de Buenos Aires, concentra una parte significativa de la producción y se encuentra próxima al principal núcleo de consumo mayorista y minorista (SAGyP, 2023). Esta combinación convierte al territorio bonaerense en un escenario especialmente relevante para estudiar tecnologías orientadas a productos perecederos y de calidad diferenciada.

La investigación también resulta pertinente por la escasa integración entre el desarrollo técnico del cultivo sin suelo y su evaluación desde los agronegocios. Los ensayos locales permiten afirmar que la frutilla puede producirse en sustrato bajo cubierta, incluso mediante materiales e infraestructuras de diferente complejidad (Adlercreutz et al., 2020). Sin embargo, la decisión de adopción depende de variables que exceden el desempeño agronómico: inversión, financiamiento, calendario de cosecha, precio, calidad comercial y canal de venta. Analizarlas de manera conjunta permite precisar en qué condiciones la hidroponía resulta una alternativa viable para el productor bonaerense.

Alcance y limitaciones del estudio

El trabajo se desarrolla como una revisión bibliográfica descriptiva y analítica sobre sistemas hidropónicos, entendidos como modalidades de cultivo sin suelo, aplicados o potencialmente aplicables a la producción de frutilla en Argentina. El análisis presta especial atención a la provincia de Buenos Aires

por su relevancia productiva, la proximidad a los principales centros de consumo y la existencia de antecedentes técnicos en el territorio.

La revisión comprende el ciclo productivo de la frutilla, el cultivo tradicional en suelo, las principales modalidades hidropónicas, sus potencialidades y limitaciones, la estructura de la producción nacional y la estacionalidad de la oferta y los precios. También examina oportunidades de diferenciación comercial y diversificación. El cultivo en suelo funciona como referencia para identificar los cambios que introduce el cultivo sin suelo; sin embargo, el estudio no realiza una contrastación experimental entre ambas modalidades.

Los datos económicos de fuentes secundarias permiten dimensionar problemas y órdenes de magnitud, pero no alcanzan para construir un flujo de fondos ni para establecer la rentabilidad de un proyecto específico. Se priorizan publicaciones recientes y se incorporan documentos anteriores cuando resultan necesarios para definir conceptos o describir antecedentes relevantes. Las estadísticas sectoriales provienen principalmente del informe de la SAGyP (2023) y deben interpretarse según el período informado.

La principal limitación es la falta de estudios nacionales que integren, para establecimientos reales y a lo largo de ciclos completos, la inversión inicial, los costos operativos, el consumo energético, la vida útil de los sustratos, los rendimientos comerciales y los precios efectivamente capturados. Esta carencia impide generalizar conclusiones sobre conveniencia económica, aunque permite identificar condiciones de adopción, oportunidades y líneas prioritarias de investigación.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la situación actual de los sistemas hidropónicos aplicados al cultivo de frutilla en Argentina y qué condiciones técnicas, económicas y comerciales inciden en su posible implementación en la provincia de Buenos Aires?

Objetivos

Objetivo general

Analizar la situación actual de los sistemas hidropónicos aplicados al cultivo de frutilla en Argentina, identificando las condiciones técnicas, económicas y comerciales que inciden en su posible implementación en la provincia de Buenos Aires.

Objetivos específicos

1. Precisar el marco conceptual del cultivo sin suelo y caracterizar las modalidades hidropónicas aplicables a la producción de frutilla.
2. Describir el ciclo productivo, la estructura de producción, los rendimientos y las ventanas de oferta de las principales regiones frutilleras argentinas, con especial atención en la provincia de Buenos Aires.
3. Analizar la estacionalidad de la oferta y de los precios de la frutilla en el mercado interno y su incidencia en la evaluación económica de los sistemas hidropónicos.
4. Sistematizar los antecedentes nacionales e internacionales para identificar las potencialidades productivas y las limitaciones técnicas, económicas, ambientales y de abastecimiento que condicionan la adopción de estos sistemas.
5. Examinar las oportunidades de diferenciación comercial y diversificación asociadas a la producción hidropónica de frutilla en la provincia de Buenos Aires desde una perspectiva de gestión de agronegocios.

Marco teórico

El cultivo de frutilla: características botánicas y ciclo productivo

La frutilla cultivada corresponde a *Fragaria* × *ananassa* Duch., híbrido de la familia *Rosaceae*. Aunque es una especie perenne, la producción comercial se maneja principalmente como cultivo anual y, con menor frecuencia, bianual, debido a la disminución del rendimiento y de la sanidad después del primer ciclo. Su sistema radicular es superficial y se concentra en los primeros 20 a 30 cm del perfil. Esta característica explica su rápida respuesta al déficit y al exceso de agua, al drenaje deficiente y a la acumulación de sales (SAGyP, 2023).

La parte comestible corresponde al receptáculo floral engrosado; los frutos botánicos son los aquenios visibles en su superficie. La ausencia de una epidermis resistente explica la fragilidad, la elevada tasa respiratoria y la corta vida poscosecha. La recolección es manual, exige una manipulación cuidadosa y admite un limitado período conservación aun con cadena de frío. El tiempo transcurrido entre cosecha y consumo condiciona el valor comercial y convierte la proximidad a los centros urbanos en una ventaja competitiva.

Inducción floral, variedades y calendario productivo

El mecanismo de inducción floral determina el momento de producción de cada variedad y condiciona la ventana comercial de las distintas regiones. La SAGyP (2023) diferencia dos grupos relevantes para la producción argentina: variedades de día corto y variedades de día neutro.

Las variedades de día corto inducen la floración con fotoperíodos reducidos y temperaturas moderadas. Predominan en las zonas templadas y cálidas del centro y norte del país, especialmente en Tucumán, Corrientes y Santa Fe, y permiten concentrar la producción de primicia e invierno. “Fortuna”, “Camarosa” y “Festival” se encuentran entre los materiales más difundidos.

Las variedades de día neutro florecen dentro de un rango térmico adecuado con menor dependencia de la duración del día. Son predominantes en Buenos Aires, Mendoza y la Patagonia y sostienen cosechas desde la primavera hasta buena parte del otoño. En los ingresos bonaerenses al Mercado Central entre 2015 y 2022 se destacaron “San Andreas”, “Aromas” y “Albion”, lo que muestra la coexistencia de materiales con comportamientos productivos diferentes (SAGyP, 2023).

La combinación del tipo varietal, la fecha de plantación y las condiciones ambientales explica el escalonamiento de la oferta nacional. En un proyecto hidropónico, la selección varietal debe contemplar el período de llegada al mercado, la calidad alcanzable en esa estación y el nivel de protección requerido, además del rendimiento potencial.

La incorporación reciente de materiales como Rociera, Rábida y Rikas responde a la búsqueda de mayor calibre, color intenso, precocidad y persistencia de calidad durante la campaña (SAGyP, 2023). Estos atributos resultan relevantes para estrategias orientadas a segmentos que valoran uniformidad y presentación, aunque su desempeño debe verificarse bajo las condiciones productivas de cada zona.

Material de propagación y estructura del ciclo

La implantación se realiza con plantines producidos en viveros especializados. La uniformidad, el estado sanitario y el vigor de la corona condicionan el establecimiento y la productividad de la campaña. La producción nacional de plantines se concentra principalmente en Plottier, Neuquén, y Tafí del Valle, Tucumán. Parte del material está vinculada a programas de mejoramiento que cobran regalías. Por estas razones, el plantín es un insumo crítico, tanto en lo agronómico como en lo económico (SAGyP, 2023).

Las fechas de plantación y cosecha varían según la región. En Mar del Plata se reconocen implantaciones de verano y otoño, con cosecha desde noviembre hasta mayo. En el centro y norte, las variedades de día corto se plantan durante el otoño y adelantan el inicio de producción. El ciclo comercial nacional surge de la combinación entre región, variedad, fecha de plantación y protección del cultivo.

La producción de frutilla en Argentina

La producción argentina se ubica en torno a 45.000 a 50.000 toneladas anuales, sobre una superficie aproximada de 1.500 a 1.700 hectáreas y con un rendimiento promedio cercano a 34 toneladas por hectárea (SAGyP, 2023).

La distribución territorial está concentrada: Buenos Aires reúne el 37 % del área implantada, Santa Fe y Tucumán el 24 % cada una, Salta y Jujuy el 6 %, y Neuquén y Río Negro el 4 %; otras provincias completan la oferta con superficies menores y calendarios diferenciados (SAGyP, 2023). La Tabla 1 sintetiza la escala, los rendimientos y los destinos predominantes de las principales zonas.

Tabla 1. Superficie, rendimiento y destino de la producción de frutilla por zona

Zona productora	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)	Destino principal
Buenos Aires, AMBA Norte (Pilar, Exaltación de la Cruz, Zárate)	240	s/d	Fresco, mercado porteño
Buenos Aires, AMBA Sur (Florencio Varela, La Plata, Berazategui)	160	s/d	Fresco, mercado porteño
Buenos Aires, sudeste (Mar del Plata, Balcarce)	150	más de 70	Fresco nacional y exportación
Santa Fe (Coronda y zona de la Costa)	400	35 a 40	Fresco e industria
Tucumán (Lules, Famaillá, Monteros, Alberdi, Tafí del Valle)	530	40 (hasta más de 45)	Fresco (30 % a 50 %) e industria para exportación
Corrientes (Bella Vista, Lavalle, Goya)	96	25 a 30	Fresco, primicia hacia Buenos Aires
Jujuy y Salta	90	s/d	Fresco
Neuquén, Río Negro y Chubut	85	s/d	Fresco regional e industria artesanal
Total país	1.500 a 1.700	34 (promedio)	Fresco 50 % a 70 %; industria 30 % a 50 %

Fuente: elaboración propia sobre la base de SAGyP (2023).

La diversidad agroecológica y varietal permite abastecer el mercado durante gran parte del año. Las diferencias entre las ventanas regionales se desarrollan en el apartado dedicado al calendario nacional de oferta.

Entre el 50 % y el 70 % de la producción se destina al consumo fresco y el resto a dulces, mermeladas, pulpas y congelados. La industria se concentra especialmente en Tucumán y Santa Fe, donde existe infraestructura de frío y procesamiento. El comercio exterior de fruta fresca es limitado y la principal salida exportadora corresponde a productos congelados. En general, el canal industrial remunera menos que el mercado fresco y funciona como complemento a la sobreoferta o destino de fruta que no alcanza sus estándares comerciales (SAGyP, 2023).

La producción de frutilla en la provincia de Buenos Aires

La provincia de Buenos Aires concentra alrededor de 550 hectáreas en dos áreas productivas. El Área Metropolitana reúne unas 400 hectáreas, distribuidas entre el norte, con presencia en Pilar, Exaltación de la Cruz y Zárate, y el sur, donde se destacan Florencio Varela, La Plata y Berazategui. El sudeste aporta aproximadamente 150 hectáreas, principalmente en Mar del Plata y Balcarce, con experiencias adicionales en el área de Hilario Ascasubi (SAGyP, 2023).

Ambos polos responden a lógicas diferentes. El Área Metropolitana concentra su cosecha en primavera y se beneficia de la cercanía inmediata al mercado porteño. Mar del Plata dispone de una ventana más prolongada, desde noviembre hasta mayo, y registra rendimientos promedio superiores a 70 toneladas por hectárea, asociados a un mayor nivel de tecnificación y manejo (SAGyP, 2023).

Entre 2015 y 2022, Buenos Aires aportó el 43 % de las frutillas ingresadas al Mercado Central de Buenos Aires, seguida por Tucumán, Santa Fe y Corrientes. La provincia combina así el mayor peso productivo con la proximidad al principal nodo mayorista y a una extensa red minorista y gastronómica, una condición especialmente valiosa para una fruta de rápida pérdida de calidad (SAGyP, 2023).

La provincia cuenta además con emprendimientos hidropónicos en funcionamiento. La SAGyP (2023) menciona experiencias con control automatizado de la solución nutritiva y recuperación del drenaje. Aunque la información pública disponible es limitada, estos casos confirman la presencia de la tecnología dentro del entramado productivo bonaerense.

El cultivo de frutilla en suelo: manejo, ciclo y principales desafíos

El cultivo en suelo sostiene la producción argentina y presenta un alto grado de tecnificación. Los planteos comerciales incorporan camellones, acolchado plástico, riego por goteo, fertirriego y distintos niveles de protección. En las zonas con manejo más intensivo alcanzan rendimientos muy superiores al promedio nacional.

Preparación del terreno y estructura del cultivo

La preparación comienza con la descompactación del perfil y la incorporación de materia orgánica. Sobre el terreno se forman camellones que elevan la zona radicular, favorecen el drenaje y facilitan las labores. El sistema más difundido es el camellón doble, con dos hileras de plantas. Caminiti (2015) describe para este planteo lomos trapezoidales de 70 a 80 cm de ancho en la base, 50 a 60 cm en la parte superior y 30 a 40 cm de altura, separados entre sí por 60 a 70 cm para permitir el tránsito de operarios y maquinaria, con una densidad cercana a las 50.000 plantas por hectárea. Las configuraciones de mayor densidad, con cuatro hileras por camellón y doble línea de goteo, superan las 80.000 plantas por hectárea y resultan de interés donde la disponibilidad o el valor de la tierra son limitantes, aunque exigen mayor atención sanitaria.

Sobre el centro del camellón se dispone la cinta de riego por goteo, con emisores espaciados entre 10 y 30 cm según el planteo, y luego se cubre con un acolchado de polietileno negro de 1,20 a 1,40 m de ancho y de 25 a 50 micrones de espesor, sobre el que se marca la plantación a tresbolillo (Caminiti, 2015; Miserendino, 2012). Esta cobertura reduce malezas y evaporación, modera la temperatura del suelo, disminuye la lixiviación de nutrientes y evita el contacto directo de la fruta con la tierra. El camellón, el goteo y el mulching forman parte del paquete tecnológico habitual, de modo que el fertirriego y la mejora de la presentación también están presentes en planteos con suelo.

Manejo del cultivo

Durante el ciclo, el riego y la fertilización se ajustan a las etapas de establecimiento, floración y fructificación. El fertirriego permite fraccionar los nutrientes y evitar el mojado del follaje y de los frutos. García y Paganini (2021) destacan que la precisión nutricional es decisiva tanto en suelo como en sustrato, aunque en el primer caso el perfil conserva una capacidad de amortiguación que reduce la velocidad con la que los errores llegan a la planta.

La cosecha se realiza manualmente cada dos o tres días durante el período productivo y concentra una parte sustantiva de la demanda de trabajo. La

posición de la fruta obliga a trabajar agachado durante jornadas prolongadas, lo que afecta la productividad laboral, la rotación del personal y el cuidado del fruto. La ergonomía pesa entonces sobre el costo laboral y no solo sobre la comodidad del trabajo.

Los desafíos del sistema

El principal desafío estructural es la acumulación de problemas sanitarios cuando la frutilla se repite sobre el mismo lote. Patógenos radiculares, nemátodos y malezas reducen el rendimiento y la vida útil de las plantas. La desinfección química perdió parte de las herramientas utilizadas históricamente. Las alternativas disponibles, como otros principios activos, la solarización, la biofumigación y el biocontrol, demandan tiempo, conocimiento y costos adicionales.

La compactación, el drenaje deficiente, la salinidad, la pérdida de materia orgánica y los desbalances nutricionales se acumulan en perfiles sometidos a uso intensivo. La rotación sería la respuesta agronómica más directa, pero resulta difícil en establecimientos pequeños, con superficie arrendada o sometidos a fuerte competencia por la tierra, como ocurre en sectores del cinturón hortícola bonaerense.

Las plagas presentan dinámicas diferentes según el sistema. López et al. (2025) compararon tres modalidades de producción en establecimientos bonaerenses y observaron variaciones en las poblaciones de artrópodos y en las intervenciones fitosanitarias. El antecedente muestra la necesidad de evaluar la sanidad bajo las condiciones concretas de cada planteo.

La exposición climática completa el cuadro. Las lluvias durante la cosecha dañan la fruta, favorecen podredumbres y dificultan las tareas, mientras que los excesos hídricos afectan un sistema radicular sensible a la asfixia. Los túneles y macrotúneles reducen parte de ese riesgo, pero no eliminan la dependencia del comportamiento físico y sanitario del suelo.

El cultivo en suelo conserva ventajas en inversión inicial, simplicidad operativa y adaptación a distintos perfiles de productor, además del conocimiento acumulado por la cultura frutillera tradicional. Sus restricciones delimitan los contextos en los que el cultivo sin suelo puede aportar valor: lotes con problemas sanitarios acumulados, establecimientos sin posibilidad de rotación, situaciones de alta presión sobre la tierra y proyectos orientados a modificar el calendario de cosecha o las condiciones de trabajo.

Ventanas de producción, estacionalidad y formación de precios

En un producto perecedero, el momento de llegada al mercado incide de manera directa sobre el resultado económico. El análisis del calendario de producción debe acompañar la evaluación de productividad y costos.

El calendario nacional de oferta

La oferta nacional se construye de manera escalonada. Tucumán y Corrientes aportan fruta temprana e invernal; Santa Fe incrementa su participación desde mediados de año; el Área Metropolitana bonaerense concentra su cosecha en primavera; el sudeste de Buenos Aires extiende la disponibilidad hasta el otoño y la Patagonia participa durante el verano. La Tabla 2 presenta estas ventanas de manera comparada (SAGyP, 2023).

Tabla 2. Calendario de oferta de frutilla en Argentina según zona productora

Zona	Período de cosecha	Observaciones
Tucumán (pedemonte)	Fines de marzo a fines de noviembre	Ingresa al mercado nacional desde junio; en invierno se vende principalmente en Buenos Aires, Mendoza y Córdoba
Tucumán (valles de altura)	Septiembre a marzo	Abastece en verano y exporta en contraestación; produce plantines para Lules
Corrientes	Primicia invernal y cosecha de primavera	La primicia se destina casi íntegramente a Buenos Aires
Santa Fe, bajo protección	Mediados de junio a fin de año	Fruta primicia
Santa Fe, a campo	Fines de agosto a fines de diciembre	Fruta de estación; ingresa con fuerza desde mediados de septiembre
Buenos Aires, AMBA	Primavera	Desplaza en el mercado porteño a la fruta de Santa Fe, Tucumán y Corrientes
Buenos Aires, sudeste	Noviembre a mayo	Abastece al mercado nacional y exporta una fracción
Jujuy	Invierno y primavera	Totalmente destinada a fresco
Salta	Primavera y verano	Totalmente destinada a fresco
Misiones	Septiembre a principios de diciembre	
Neuquén y Río Negro	Diciembre a fines de febrero	Mercado regional y elaboración artesanal

Fuente: elaboración propia sobre la base de SAGyP (2023).

Estacionalidad de la oferta y comportamiento de los precios

El resultado es una curva de oferta marcadamente estacional. Los mayores ingresos al Mercado Central se registran entre agosto y octubre, con un pico en septiembre y volúmenes todavía elevados durante la primavera. La menor disponibilidad se concentra entre abril y junio (SAGyP, 2023).

Los precios siguen, en términos generales, el movimiento inverso: disminuyen cuando confluyen los volúmenes de varias regiones y se recuperan durante los meses de menor ingreso. El patrón se identifica con claridad, aunque la revisión no dispone de una serie homogénea de precios reales para calcular el diferencial entre ventanas.

Para un proyecto hidropónico, la principal oportunidad económica se vincula con la capacidad potencial de adelantar, prolongar o desplazar la cosecha hacia períodos de menor oferta. La SAGyP (2023) señala la producción en momentos de escasez entre las oportunidades de los ensayos semihidropónicos desarrollados en el país.

Esa estrategia incorpora condiciones y costos específicos. La producción de otoño e invierno requiere variedades compatibles con la ventana buscada, protección suficiente, control térmico y capacidad de sostener calibre, color y contenido de azúcares con menor radiación. El diferencial de precio esperado debe compararse con la inversión y el gasto energético necesarios para alcanzarlo. La contraestación representa una oportunidad cuyo resultado económico debe comprobarse en cada proyecto.

La proximidad al mercado como variable económica

La proximidad al mercado refuerza esta oportunidad. La fruta pierde calidad con cada etapa de transporte y manipulación, mientras que los productores bonaerenses se encuentran a pocas horas del principal mercado mayorista y de una extensa red de comercios, establecimientos gastronómicos y consumidores finales. La oportunidad temporal, la buena presentación y los menores tiempos logísticos pueden sostener una ventaja comercial cuando existen canales y acuerdos de venta que reconozcan esos atributos.

Cultivo sin suelo e hidroponía: precisión conceptual

Este trabajo adopta la acepción amplia utilizada en la literatura científica: hidroponía se entiende como cultivo sin suelo, es decir, el conjunto de métodos que reemplazan el suelo agrícola como medio de enraizamiento y suministran la nutrición mediante una solución. Dentro de esta definición se incluyen tanto los sistemas que emplean un sustrato sólido como aquellos en los que la raíz

se mantiene directamente en agua (Hutchinson et al., 2025; Savvas & Gruda, 2018).

En materiales de divulgación en español es frecuente reservar la palabra hidroponía para los sistemas de raíz en agua y presentar el cultivo en sustrato como una categoría separada (INTAGRI, 2017). Para mantener la coherencia con la literatura científica, esta revisión incluye al cultivo en sustrato dentro de la hidroponía. El término “semihidroponía” se interpreta como una denominación comercial de esa modalidad.

La clasificación funcional: sustrato y agua

La clasificación funcional distingue dos grandes familias. En los sistemas en sustrato, la raíz crece en medios como fibra de coco, turba, perlita o mezclas formuladas, que aportan soporte y reserva de agua y aire. En los sistemas de cultivo en agua, entre ellos NFT (*Nutrient Film Technique*), *floating* y aeroponía, la raíz recibe la solución con una capacidad de amortiguación mucho menor. La mayor parte de la evidencia sobre frutilla se concentra en el cultivo en sustrato, que también obtuvo el mejor desempeño en comparaciones recientes (Hutchinson et al., 2025; Savvas & Gruda, 2018).

La clasificación según el medio radicular no debe confundirse con el destino del drenaje. Tanto los sistemas en sustrato como los de agua pueden ser abiertos, cuando descartan la solución no absorbida, o cerrados, cuando la recuperan, corrigen y recirculan. La elección afecta el uso de agua y fertilizantes, la generación de efluentes y el riesgo de diseminar patógenos a través de la solución.

La SAGyP (2023) informa que algunos emprendimientos bonaerenses recuperan hasta el 90 % del volumen aplicado, lo que muestra el potencial de los sistemas cerrados. Sin embargo, esa eficiencia requiere infraestructura de captación, monitoreo de la solución y protocolos sanitarios capaces de detectar y contener una eventual contaminación.

Implicancias respecto del cultivo en suelo

El suelo aporta volumen, intercambio de elementos y una reserva que amortigua parcialmente los errores que puedan llegar a ocurrir. En el cultivo sin suelo, el desarrollo depende de manera más inmediata de la calidad del agua, la formulación de la solución, el pH, la conductividad eléctrica, la oxigenación y la frecuencia de riego. Czepulis Casares et al. (2021) muestran esta exigencia en frutilla cultivada en fibra de coco.

La adopción modifica el tipo de conocimiento requerido. Parte de la experiencia vinculada al comportamiento del lote se reemplaza por la capacidad de medir, interpretar y corregir variables en tiempos breves. Esta transformación del capital técnico del establecimiento tiene un peso similar al de la inversión en infraestructura.

Sistemas hidropónicos aplicables a frutilla

La frutilla combina un ciclo prolongado, un volumen radicular considerable, necesidad de soporte para plantas y frutos y cosecha manual frecuente. Estas características restringen la transferencia directa de sistemas diseñados para hortalizas de hoja. Hutchinson et al. (2025) compararon durante 129 días un sistema en sustrato y tres modalidades de cultivo en agua. El sistema en sustrato alcanzó el mejor desempeño conjunto en rendimiento y eficiencia de recursos, mientras que las torres verticales mostraron interés por el aprovechamiento de superficie. A partir de esos resultados se presentan las modalidades principales.

Sistemas en sustrato

En esta modalidad la planta se desarrolla sobre un medio poroso que brinda soporte mecánico, retiene agua y nutrientes y mantiene la aireación en la zona radicular. Su funcionamiento depende del equilibrio entre capacidad de retención de agua y la porosidad, así como de la uniformidad del fertirriego y del drenaje.

La fibra de coco es uno de los materiales más difundidos, pero no el único. También se utilizan turba de musgo *Sphagnum*, perlita, vermiculita, corteza compostada, cascarilla de arroz y mezclas formuladas. El tipo de sustrato y el volumen disponible para la raíz inciden sobre el crecimiento y el rendimiento, por lo que la elección debe considerar comportamiento agronómico, disponibilidad, costo y destino posterior del material (Czepulis Casares et al., 2021; Lee et al., 2023).

Los ensayos locales de mayor alcance utilizaron sacos comerciales elaborados con turba, compost de corteza de pino y perlita de producción nacional. Adlercreutz et al. (2020) instalaron seis unidades experimentales bajo cubierta en las principales regiones frutilleras y comprobaron que distintas estructuras de sostén podían adaptarse a la disponibilidad local. El antecedente muestra que la modalidad admite materiales nacionales y soluciones constructivas de diferente complejidad.

Tanto los sacos como las macetas pueden ubicarse a nivel del suelo o sobre mesadas elevadas y caballetes. La disposición elevada facilita la cosecha, evita

el contacto de la fruta con superficies húmedas y mejora la ergonomía del trabajo (Tyfu Cymru, 2018). Se trata, sin embargo, de un desarrollo difundido en el exterior que todavía no se utiliza en la producción comercial argentina, donde los contenedores se apoyan sobre el suelo o sobre estructuras simples de sostén. Además del costo de esa estructura, elevar los contenedores expone un volumen radicular reducido a variaciones más rápidas de temperatura y humedad.

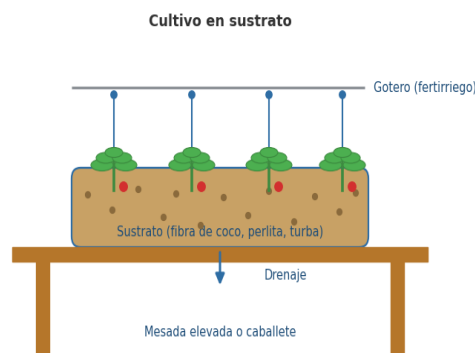


Figura 1. Esquema del cultivo en sustrato sobre mesada elevada, configuración difundida en el exterior. Elaboración propia.

Sistemas de cultivo en agua

En los sistemas de cultivo en agua, la raíz permanece en contacto directo con la solución nutritiva y carece de un medio sólido que funcione como soporte. El manejo de la nutrición gana precisión, pero una falla de bombeo, oxigenación o formulación se traslada al cultivo de inmediato (Resh, 2012).

El NFT hace circular una película delgada de solución por canales con pendiente y recirculación. Es eficiente y ampliamente utilizado en hortalizas de hoja, pero en frutilla el ciclo prolongado y el volumen de raíces pueden obstruir la circulación y aumentar la sensibilidad a cortes de energía o fallas de bomba. En la comparación de Hutchinson et al. (2025) rindió por debajo del sistema en sustrato.

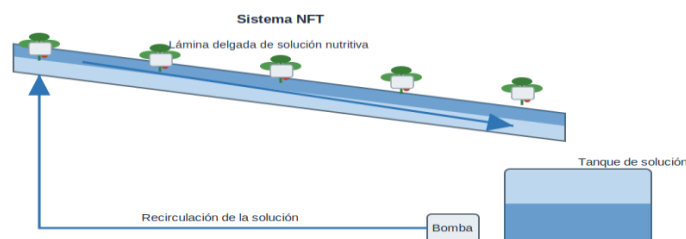


Figura 2. Esquema del sistema NFT (Nutrient Film Technique). Elaboración propia.

El *floating* mantiene las raíces sumergidas en una lámina profunda de solución y al ser un sistema estático, requiere oxigenación permanente. Su simplicidad favorece el uso en lechuga y aromáticas, mientras que el manejo de la frutilla, la necesidad de sostener los frutos, la cosecha diaria y la sensibilidad radicular limitan su aplicación comercial. En este cultivo conserva principalmente un interés experimental.

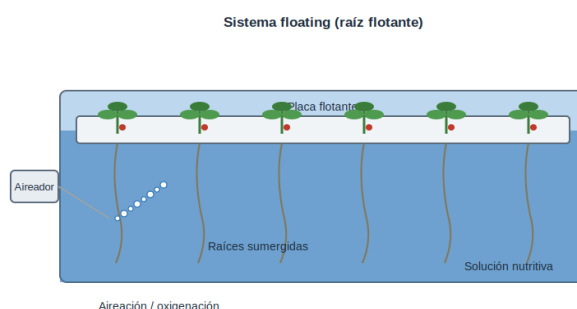


Figura 3. Esquema del sistema floating o de raíz flotante. Elaboración propia.

Las torres verticales aumentan la cantidad de plantas por unidad de superficie y mostraron resultados prometedores en eficiencia espacial, aunque agregan desafíos de uniformidad lumínica y distribución de la solución. La aeroponía, que nebuliza nutrientes sobre raíces suspendidas, registró en el mismo ensayo comparativo el desempeño menos favorable para frutilla (Hutchinson et al., 2025).

El sistema NGS como planteo híbrido

El New Growing System (NGS) combina un volumen reducido de sustrato en una bolsa de doble cámara con la circulación y recuperación de la solución

nutritiva. La cámara superior sostiene la planta y la inferior conduce el drenaje hacia el depósito. Esta configuración permite altas densidades, pero su escasa reserva radicular exige monitoreo continuo y reduce el margen de respuesta ante desbalances. El fabricante ofrece modelos de bolsa distintos para lechuga, tomate, pitahaya y otros cultivos, que varían en la cantidad de capas y en el volumen disponible para la raíz (New Growing System, s. f.).

Con volúmenes del orden de 700 cm³ por planta en el formato utilizado para frutilla (García et al., 2022), las variaciones de conductividad, pH o humedad llegan al cultivo en pocas horas. El NGS es un sistema recirculante de alta exigencia técnica y requiere monitoreo continuo. García et al. (2022) documentaron un sistema NGS instalado en Lima, partido de Zárate, en un invernadero tecnificado con automatización del ambiente, líneas oscilantes de plantación que se elevan o descienden según la tarea. Es el caso bonaerense de alta tecnología mejor documentado y aporta información sobre manejo, cultivares y ergonomía, aunque no permite generalizar sus costos o resultados a planteos de menor escala.

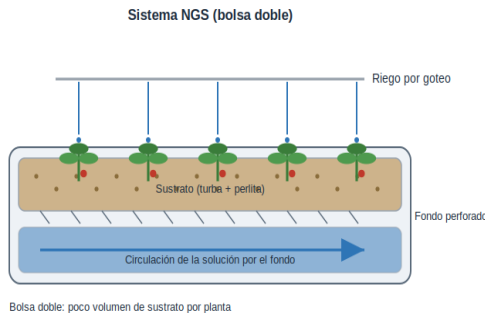


Figura 4. Esquema del sistema NGS de bolsa doble. Elaboración propia.

Tabla 3. Comparación de las modalidades hidropónicas aplicables al cultivo de frutilla

Sistema	Principio de funcionamiento	Aptitud para frutilla	Principales requerimientos y limitaciones
Sustrato en sacos, macetas o canaletas (familia: sustrato)	La planta crece sobre un medio poroso que da soporte y retiene agua y nutrientes; la nutrición se administra por fertirriego	Alta. Es la modalidad más difundida y la de mejor desempeño comparado	Control de conductividad eléctrica y solución nutritiva; costo y disponibilidad del sustrato; vida útil acotada y gestión del descarte

Sistema	Principio de funcionamiento	Aptitud para frutilla	Principales requerimientos y limitaciones
Mesada elevada o caballete (familia: sustrato)	Misma lógica, con los contenedores dispuestos a altura de trabajo	Alta. Suma ventajas ergonómicas y de sanidad del fruto	Costo de la estructura de sostén; mayor exposición térmica del volumen radicular
NFT o película nutritiva (familia: agua)	Circulación de una lámina delgada de solución en contacto directo con la raíz, con recirculación	Limitada. Pensado para hojas de ciclo corto	Sin reserva en la zona radicular; sensible a obstrucciones, fallas de bomba y cortes de energía; acumulación de raíces y algas en ciclos largos
Floating o raíz flotante (familia: agua)	Placas flotantes sobre una lámina profunda de solución, con las raíces sumergidas	Baja. Uso experimental o educativo en este cultivo	Oxigenación forzada permanente; control estricto de pH, conductividad y temperatura; soporte insuficiente para plantas de porte
Torre vertical (familia: agua)	Posiciones de cultivo apiladas en estructuras verticales por las que circula la solución	Media. Desempeño prometedor, sobre todo en uso de superficie	Distribución desigual de luz entre niveles; complejidad de cosecha; dependencia del sistema de bombeo
Aeroponía (familia: agua)	Nebulización de la solución sobre raíces suspendidas en aire	Baja. Resultados desfavorables en las comparaciones disponibles	Alta sensibilidad a fallas; obstrucción de boquillas; requerimiento técnico elevado
NGS (híbrido recirculante)	Bolsa de doble cámara: volumen reducido de sustrato arriba y circulación de solución por debajo, con retorno al depósito	Media a alta. Existe formato específico para frutilla	Escasa amortiguación por el bajo volumen de sustrato; monitoreo estricto; dependencia de componentes propietarios e inversión elevada

Fuente: elaboración propia sobre la base de Hutchinson et al. (2025), Savvas y Gruda (2018), Puerta et al. (2024), Tyfu Cymru (2018) y New Growing System (s. f.).

Potencialidades y limitaciones de la hidroponía en frutilla

Potencialidades técnicas y productivas

Los sistemas sin suelo permiten administrar el agua y los nutrientes con mayor precisión que el cultivo en suelo. El productor puede ajustar la composición de la solución, el pH, la conductividad eléctrica y la frecuencia de aplicación según el estado del cultivo. Tuxun et al. (2025) identifican esa provisión controlada como un rasgo central de estas tecnologías.

La separación del perfil agrícola reduce la exposición directa a patógenos radiculares, la necesidad de desinfección del suelo y la restricción que genera la falta de superficie para rotar. Valenzuela (2019) relaciona el cultivo sin suelo con la continuidad de producciones intensivas en áreas donde el perfil presenta limitaciones difíciles de revertir. La sanidad del sistema, de todos modos, depende del manejo del agua, de la solución y de la higiene de la instalación.

Las mesadas elevadas pueden mejorar la ergonomía de la cosecha y el aprovechamiento de la superficie cubierta. García et al. (2022) documentan estos aportes en el sistema NGS instalado en Lima. Birgi y Gargaglione (2022) evaluaron el rendimiento y la calidad de dos variedades bajo sistema NFT en Santa Cruz, y estudios recientes muestran que el manejo de sistemas hidropónicos y cerrados incide sobre atributos productivos y de calidad del fruto (Aali et al., 2024; Sahoo et al., 2024). La ausencia de contacto con el suelo y una cosecha a una altura comfortable favorecen la presentación y reducen el manipuleo del producto.

Limitaciones técnicas, económicas y ambientales

La inversión inicial es la primera barrera. Un sistema sin suelo bajo cubierta requiere estructura de protección, contenedores o sacos, soportes, cabezal de fertirriego, tanques, bombas, filtros e instrumental de medición. Los planteos de mayor tecnología incorporan automatización y control ambiental. Como referencia de escala, ADBlick Agro (2021) informó una inversión inicial de USD 1,5 millones para el emprendimiento de Lima, partido de Zárate, que abarca 1,44 hectáreas y 270.000 plantas. El monto corresponde a la inversión total del proyecto e incluye el terreno, el invernadero importado, el sistema de cultivo y el equipamiento, sin discriminar esos componentes. Por eso no puede leerse como un costo de infraestructura por hectárea ni trasladarse a planteos de otra escala o nivel tecnológico.

El sistema exige también personal con conocimiento técnico y continuidad operativa. Czepulis Casares et al. (2021) muestran que el manejo en fibra de coco requiere seguimiento de la conductividad eléctrica y de la solución nutritiva. La composición del agua determina qué formulación es posible y puede obligar a incorporar tratamientos previos. A ello se suma la dependencia energética de bombas, ventilación, calefacción y automatismos: una interrupción prolongada puede comprometer el cultivo en pocas horas y obliga a prever sistemas de respaldo, especialmente cuando se busca producir durante los meses fríos.

La disponibilidad de insumos integra la gestión del riesgo. La fibra de coco, ampliamente utilizada a nivel internacional, es importada y queda expuesta a

variaciones de precio y de abastecimiento. Los ensayos multizona de Adlercreutz et al. (2020), sin embargo, utilizaron sacos formulados con turba, compost de corteza de pino y perlita de origen nacional y obtuvieron un desempeño adecuado en las zonas evaluadas. Esta alternativa reduce parte de la dependencia externa, aunque requiere controlar la homogeneidad, la estabilidad física y la vida útil del material.

Los sustratos agotados, las bolsas, las cintas de riego y otros residuos deben incorporarse desde el inicio a una estrategia de reutilización o disposición final (Tyfu Cymru, 2018). La escala condiciona la adopción porque distribuye la inversión fija, aunque también aumenta la complejidad operativa y el volumen que debe colocarse con regularidad.

La dimensión económica: inversión, costos y contexto argentino

Desde la perspectiva de los agronegocios, la adopción depende del funcionamiento agronómico y de la estructura financiera y comercial del proyecto. Un planteo hidropónico de frutilla combina inversión fija elevada, capital de trabajo intensivo, componentes con referencia en moneda extranjera y un producto perecedero cuyo precio cambia según el momento, la calidad y el canal de venta. La evaluación económica debe integrar estas variables junto con los rendimientos esperados.

La inversión fija se recupera a lo largo de varias campañas, mientras que los desembolsos de plantines, sustratos, fertilizantes, energía y mano de obra comienzan meses antes de la primera cosecha y continúan durante el período productivo. Por ello, la necesidad de financiar capital de trabajo puede condicionar la puesta en marcha tanto como el costo de la infraestructura.

La asimetría monetaria agrega incertidumbre: buena parte de la estructura, el instrumental y algunos insumos tienen referencia en dólares, mientras que los ingresos se perciben en pesos y dependen de un mercado con variaciones estacionales. Una evaluación consistente requiere escenarios que combinen inversión, costos operativos, tipo de cambio, plazo de amortización y valor efectivo de venta.

El contexto macroeconómico argentino

En Argentina, la inflación, el tipo de cambio, las tasas de interés, el acceso al crédito y el costo energético pueden modificar en poco tiempo los valores nominales de una inversión. Por esa razón, una estimación construida para un momento específico pierde utilidad si se presenta como parámetro estable. La evaluación económica de un proyecto debe incorporar escenarios alternativos de tipo de cambio, financiamiento y costo energético. También debe conservar

la fecha de cada dato, distinguir la moneda de origen y separar la inversión fija de los costos operativos.

En lugar de formular un diagnóstico coyuntural, el análisis establece un criterio de evaluación basado en escenarios alternativos y pruebas de sensibilidad. Un estudio de factibilidad debería estimar cómo cambia el resultado frente a variaciones del tipo de cambio, la tasa de financiamiento, el precio de la energía, el rendimiento comercial y el precio de venta. Esta precaución cobra especial importancia en proyectos de amortización prolongada y con ingresos sujetos a estacionalidad.

El precio como variable de diseño

El calendario de comercialización debe definirse desde el diseño del proyecto. La información sectorial disponible muestra que el mayor volumen de oferta se concentra en primavera y que los precios mejoran durante el otoño y el comienzo del invierno, cuando disminuyen los ingresos al Mercado Central (SAGyP, 2023). Para una tecnología de alta inversión, producir en el mismo momento que las principales regiones puede reducir el margen aun cuando el rendimiento agronómico sea satisfactorio.

Orientar parte de la cosecha hacia la ventana de menor oferta puede mejorar el precio esperado, pero exige variedades compatibles con el calendario buscado, protección suficiente para los meses fríos, control de la menor radiación y un gasto energético que debe compararse con el diferencial de precio. La elección varietal, el ambiente protegido y la estrategia comercial integran una misma decisión de negocio.

El canal de venta es igualmente decisivo, ya que capturar un diferencial por oportunidad y calidad requiere acuerdos de abastecimiento y especificaciones de producto que el mercado mayorista de consignación no necesariamente garantiza. La proximidad al AMBA amplía las posibilidades de venta directa y de entrega frecuente, pero también demanda capacidad logística, acondicionamiento y continuidad.

No hay información argentina suficiente para cuantificar esa ecuación de manera general. No se identificaron estudios públicos recientes que comparen inversión por hectárea, costos operativos, consumo energético y plazo de repago bajo distintos niveles tecnológicos y escenarios mensuales de precio. Este vacío limita la toma de decisiones y evita formular conclusiones generales sobre rentabilidad.

Diferenciación comercial, mercado gourmet y diversificación

El argumento de la calidad

En una fruta frágil y de vida poscosecha corta, los atributos de calidad (tamaño, color, uniformidad, sabor, entre otros) adquieren valor y diferenciación comercial cuando se sostienen de manera consistente y se vinculan con las necesidades de un comprador concreto.

La búsqueda constante de nuevas variedades muestra la importancia creciente de los atributos visuales y sensoriales (SAGyP, 2023). Existe además un antecedente comercial local: ADBlick Agro (2021) informó la colocación de su producción hidropónica en supermercados, comercios especializados y clientes institucionales. Como se trata de un caso empresarial, su experiencia describe una posibilidad comercial sin medir el comportamiento del conjunto del mercado.

La gastronomía, la pastelería profesional, los comercios especializados y la venta directa son segmentos potenciales para fruta homogénea y con entrega programada. No obstante, la disposición efectiva a pagar un diferencial debe verificarse mediante estudios de mercado, acuerdos comerciales o pruebas de venta. La trazabilidad, el envase, la frecuencia de entrega y la calidad poscosecha forman parte del producto ofrecido y agregan costos que deben incorporarse al análisis.

El segmento premium es acotado y se concentra en grandes centros urbanos. La estrategia comercial debería combinar diferentes destinos y prever una salida para la fruta que no alcance el estándar fresco de mayor valor.

Diversificación como estrategia de riesgo

La diversificación puede reducir la exposición a un único producto, comprador o período de venta. Las alternativas presentan requisitos técnicos, sanitarios y comerciales diferentes y tampoco utilizan la infraestructura de la misma manera. La siguiente matriz las organiza como opciones exploratorias que requieren evaluaciones específicas.

Tabla 4. Alternativas de diversificación asociadas a un proyecto hidropónico de frutilla

Alternativa	Aporte potencial	Condiciones y riesgos principales
Fruta fresca diferenciada	Destinar una proporción de la producción a canales que requieran calibre, presentación y entrega programada.	Demanda limitada; necesidad de acuerdos previos, trazabilidad, envase y continuidad de calidad.
Aprovechamiento	Procesar fruta fuera del estándar fresco	Menor precio; inversión o

industrial	como pulpa, congelado o dulces para recuperar parte de su valor.	tercerización del proceso; habilitaciones e inocuidad.
Diversificación de canales	Combinar mercado mayorista, venta directa, gastronomía y comercios especializados para reducir la dependencia de un comprador.	Mayor complejidad logística, administrativa y comercial; volúmenes y frecuencias diferentes.
Otros cultivos bajo cubierta	Utilizar parcialmente la estructura para berries en contenedor, tomate cherry, aromáticas u hojas.	Compatibilidad técnica y sanitaria por verificar; calendarios, soportes y soluciones nutritivas diferentes.
Servicios complementarios	Explorar plantines, venta en el establecimiento o actividades de visita y marca territorial.	Requisitos sanitarios y comerciales específicos; demanda local y habilitaciones.

Fuente: elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.

Experiencias nacionales y antecedentes disponibles

Los antecedentes argentinos sobre producción de frutilla en sistemas sin suelo son todavía pocos, pero cubren dimensiones complementarias y permiten construir un panorama suficiente para esta revisión.

La información argentina es más sólida en los planos agronómico, técnico y sanitario que en el económico. Adlercreutz et al. (2020) plantearon una evaluación de factibilidad técnica y económica, aunque la documentación pública accesible desarrolla principalmente resultados productivos. Tampoco existen series comparables y actualizadas sobre inversión, costos operativos y rentabilidad. Esta asimetría permite verificar el funcionamiento agronómico, pero deja pendiente la evaluación del negocio bajo condiciones productivas reales.

La provincia de Buenos Aires concentra buena parte de los antecedentes nacionales: cuatro de las seis unidades experimentales de Adlercreutz et al. (2020), la experiencia NGS de García et al. (2022) y el seguimiento sanitario de López et al. (2025). Los estudios internacionales completan vacíos sobre modalidades, sustratos y regulación ambiental, pero sus resultados numéricos no pueden trasladarse sin ajustes a una estructura local de costos, insumos, clima y mercado diferente. La revisión los utiliza para fundamentar criterios técnicos y no como estimaciones directas de rentabilidad para el caso bonaerense.

Marco metodológico

El trabajo es una revisión bibliográfica de tipo documental. No incluye trabajo de campo ni mediciones propias: lo que se analiza son documentos sobre el cultivo de frutilla en suelo y sin suelo, las modalidades hidropónicas disponibles, los antecedentes de aplicación y las condiciones productivas,

económicas y comerciales que hacen posible su adopción. El estudio no busca relaciones causales ni calcula la rentabilidad de un proyecto, y tampoco es una revisión sistemática exhaustiva.

Se trabajó con artículos científicos con referato, informes oficiales, publicaciones técnicas del INTA y documentos de empresas. Las fuentes se eligieron por su relación con la pregunta y los objetivos, por tener autoría identificable y por permitir reconocer hasta dónde llegan sus datos. Se dio prioridad a las fuentes argentinas para describir la estructura productiva, los calendarios regionales y las condiciones de adopción. Las internacionales se usaron cuando aportaban definiciones ya establecidas, comparaciones entre sistemas o resultados sin equivalente local. Los documentos de empresas sirvieron para describir tecnologías y casos concretos, sin tomar sus afirmaciones comerciales como evidencia de rendimiento o rentabilidad.

La lectura siguió los ejes de los objetivos específicos: definición de hidroponía, cultivo en suelo, estructura de la producción y ventanas de oferta, potencialidades y límites del cultivo sin suelo, y oportunidades comerciales. En cada eje se registraron los aportes principales, el tipo de evidencia y la zona a la que corresponden. Luego se compararon coincidencias, diferencias y vacíos, separando los antecedentes argentinos de los obtenidos en otros países. La diversidad de diseños, escalas y variables impidió integrar los resultados de manera estadística, de modo que la síntesis distingue qué condiciones tienen respaldo empírico, cuáles son solo potenciales y qué falta investigar.

Resultados

Delimitación conceptual y modalidades aplicables

Las fuentes revisadas coinciden en una definición común. Savvas y Gruda (2018) entienden el cultivo sin suelo como el conjunto de sistemas en los que el suelo deja de ser el medio radicular, y distinguen dentro de él los que emplean sustratos sólidos de los que mantienen la raíz en contacto directo con la solución nutritiva. Hutchinson et al. (2025) aplican esa misma clasificación a la frutilla. Sobre esa base, este trabajo usa hidroponía en sentido amplio e incluye ambos grupos.

En el país, los antecedentes confirman la factibilidad técnica, aunque corresponden a escalas muy distintas entre sí. Adlercreutz et al. (2020) trabajaron con sacos de sustrato bajo cubierta en seis unidades experimentales y mostraron que pueden usarse mezclas nacionales y estructuras de sostén sencillas. García et al. (2022) siguieron un sistema NGS recirculante en Lima, partido de Zárate, con automatización ambiental y líneas de cultivo móviles: un planteo de alta inversión y buen desempeño ergonómico, con poco margen de

respuesta ante fallas por su reducido volumen radicular. Los sistemas de cultivo en agua conservan interés experimental, pero cuentan con menos evidencia comercial.

Condiciones de adopción en la provincia de Buenos Aires

El rendimiento por sí solo no justifica el cambio de sistema. La SAGyP (2023) informa más de 70 toneladas por hectárea en el sudeste bonaerense, muy por encima del promedio nacional. La hidroponía resulta pertinente cuando responde a una limitación concreta: antecedentes sanitarios persistentes, imposibilidad de rotar, alto valor de la tierra, necesidad de mejorar las condiciones de cosecha o intención de producir en otra ventana comercial. Adlercreutz et al. (2020) asocian el interés por los sustratos con la dificultad de sostener el cultivo donde el monocultivo y las restricciones sobre la desinfección comprometen su continuidad.

Esas condiciones se distribuyen de manera desigual dentro de la provincia. En el cinturón hortícola, la escala de los establecimientos y la presión inmobiliaria limitan la superficie disponible y la posibilidad de rotar. En el sudeste, en cambio, los altos rendimientos del cultivo en suelo obligan a que un proyecto hidropónico encuentre ventajas adicionales en sanidad, ergonomía, calendario o calidad comercial. Donde el suelo mantiene buena aptitud y hay superficie disponible, la inversión adicional exige una justificación económica más exigente.

Desempeño técnico y límites de la evidencia disponible

Las investigaciones coinciden en que el resultado depende del manejo del ambiente radicular. Czepulis Casares et al. (2021) muestran que el cultivo en fibra de coco exige un seguimiento continuo de la conductividad eléctrica, del drenaje y de la solución nutritiva; Lee et al. (2023) comprobaron que el tipo de sustrato y el volumen del contenedor influyen sobre el crecimiento y el rendimiento; Tuxun et al. (2025) ubican la provisión precisa de nutrientes entre los rasgos centrales de estos sistemas.

Las fuentes difieren, en cambio, en materiales, variedades, volúmenes radiculares, clima y duración de los ensayos. La fibra de coco aparece con frecuencia, pero Adlercreutz et al. (2020) obtuvieron buenos resultados con mezclas nacionales de turba, compost de corteza y perlita, sobre las que todavía falta información de estabilidad física, duración, uniformidad y costo a lo largo de ciclos sucesivos. La evidencia alcanza para afirmar que la hidroponía puede lograr rendimientos y atributos comerciales adecuados, pero no para fijar un valor de productividad aplicable a Buenos Aires.

Estacionalidad y oportunidad económica

La oportunidad económica más clara está en el calendario. Según la SAGyP (2023), la oferta nacional alcanza sus mayores volúmenes entre septiembre y diciembre, mientras que los ingresos al Mercado Central caen entre abril y junio, con un comportamiento inverso de los precios. Una tecnología de inversión elevada que coseche en primavera compite con Buenos Aires, Santa Fe, Tucumán y Corrientes en el peor momento de precios; su ventaja aparece cuando puede adelantar, prolongar o desplazar parte de la producción hacia los meses de menor oferta. Lograrlo exige variedades compatibles, protección, control térmico y capacidad de sostener la calidad con menor radiación, lo que incrementa el consumo de energía y los costos operativos.

No fue posible cuantificar ese balance. Adlercreutz et al. (2020) incluyen la factibilidad económica en su propuesta, pero la documentación pública desarrolla sobre todo los resultados productivos, y no se encontraron estudios recientes que comparen inversión por hectárea, costos mensuales, consumo energético, rendimientos comerciales y precios obtenidos según el nivel tecnológico. El caso de ADBlick Agro (2021) confirma la existencia de una experiencia de alta tecnología con salida a supermercados, comercios especializados y clientes institucionales, aunque su escala y su carácter empresarial impiden generalizarlo.

Diferenciación comercial y diversificación

La diferenciación se apoya en la uniformidad, la presentación y la posibilidad de programar entregas. Los trabajos revisados indican que la nutrición y el ambiente de producción influyen sobre las características del fruto, pero ninguno fue diseñado para medir la respuesta del mercado. Obtener un precio superior depende de que compradores concretos reconozcan esos atributos y de que puedan sostenerse durante toda la campaña.

La gastronomía, la pastelería profesional, los comercios especializados y la venta directa son canales posibles para un producto homogéneo, y la cercanía al Área Metropolitana permite entregas frecuentes con menor pérdida de calidad. Las fuentes revisadas, sin embargo, no miden el tamaño de esos segmentos ni el diferencial que podrían reconocer. La venta mayorista por consignación ofrece menos garantías, porque el precio depende del volumen diario y de la oferta concurrente.

Conclusiones

La revisión permitió establecer que los sistemas hidropónicos aplicados a frutilla se encuentran en una etapa de desarrollo acotado en Argentina. Los

antecedentes nacionales confirman su funcionamiento agronómico y aportan experiencias en distintas regiones y niveles tecnológicos. Dentro de las modalidades analizadas, el cultivo en sustrato reúne el mayor respaldo para la producción comercial por su adecuación al ciclo prolongado, al volumen radicular y a las exigencias de cosecha de la especie.

En la provincia de Buenos Aires, la adopción adquiere sentido cuando responde a una necesidad productiva identificada. Los problemas sanitarios acumulados, la dificultad para rotar, el alto valor de la tierra, la búsqueda de mayor densidad o la mejora de las condiciones de cosecha pueden justificar la evaluación de un sistema sin suelo. El cultivo en suelo conserva ventajas asociadas a la inversión inicial, la experiencia acumulada y los elevados rendimientos alcanzados en algunas zonas, por lo que continuará ocupando un lugar central en el abastecimiento.

La principal oportunidad económica se relaciona con la posibilidad de modificar el calendario de producción. La menor oferta registrada entre abril y junio coincide con mejores precios, pero acceder a esa ventana requiere coordinar variedad, fecha de plantación, protección, energía y canal de venta. La conveniencia depende del diferencial efectivamente capturado y de los costos necesarios para sostener la producción durante los meses de menor oferta.

La diferenciación por uniformidad, presentación, limpieza y previsibilidad puede favorecer el acceso a gastronomía, pastelería, comercios especializados y venta directa. La cercanía al Área Metropolitana fortalece esta posibilidad al reducir los tiempos de traslado y facilitar entregas frecuentes. Sin embargo, la información disponible no permite estimar la dimensión de esos segmentos ni su disposición efectiva a pagar. La estrategia comercial debe validarse antes de comprometer la inversión.

La implementación también queda condicionada por la capacidad financiera, el acceso a asistencia técnica, la calidad del agua, la continuidad energética, la disponibilidad de insumos y la gestión de residuos. Las mezclas nacionales utilizadas en los ensayos representan una alternativa frente a la dependencia de materiales importados, aunque falta conocer su duración y desempeño económico durante ciclos comerciales completos.

El principal vacío de conocimiento se encuentra en la dimensión económica. No se encuentran estudios públicos y actualizados que integren inversión, capital de trabajo, costos operativos, consumo energético, rendimientos comerciales, precios mensuales y plazos de repago en establecimientos bonaerenses. Esta ausencia impide recomendar una escala o configuración tecnológica de aplicación general.

Las investigaciones futuras deberían concentrarse en estudios de factibilidad realizados sobre establecimientos reales, con seguimiento de ciclos completos y escenarios alternativos de precios, energía y tipo de cambio.

También resulta necesario evaluar la vida útil de los sustratos nacionales y medir la demanda de fruta diferenciada en los distintos canales del Área Metropolitana. Estos datos permitirían transformar las experiencias técnicas disponibles en modelos de negocio respaldados por evidencia local.

Bibliografía

- Aali, N., Alemzadeh Ansari, N., & Zahedi, S. M. (2024). Development of sustainable strawberry production in closed cultivation systems: Effects of bagasse biochar on morphological and physiological attributes, yield and autotoxic changes. *Journal of Environmental Management*, 371, 123100. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123100>
- ADBlick Agro. (2021, 15 de diciembre). *Abren el invernadero más grande del país para exportar frutillas*. <https://blog.adblickagro.com/2021/12/abren-el-invernadero-mas-grande-del-pais-para-exportar-frutillas/>
- Adlercreutz, E. G., Borquez, A. M., García, L. M., Castañares, J. L., Mollinedo, V., Pernuzzi, C., Puerta, A. V., Sartal, C., & Sordo, M. H. (2020). *Factibilidad técnica y económica del cultivo de frutilla (Fragaria × ananassa) en sustrato en las principales regiones productoras de la Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/4869>
- Birgi, J. A., & Gargaglione, V. B. (2022). Rendimiento y calidad de dos variedades de frutilla (Fragaria × ananassa Duch.) en hidroponía. *IDIA* 21, 2(2), 70–77. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/13403>
- Caminiti, C. A. (2015). *Cultivo de frutillas en la provincia de Neuquén*. Ediciones INTA, EEA Bariloche. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/2815>
- Czepulis Casares, J. A., Kaneko, F., & Díaz, J. C. (2021). Estrategias de manejo del cultivo de frutilla (Fragaria × ananassa) cultivada en sustrato a base de fibra de coco. En *Memoria dinámica de estrategias de la EEA San Pedro* (pp. 31–32). INTA Ediciones, EEA San Pedro. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/9432>
- García, L. M., Czepulis Casares, J. A., Mouso, F., & Huarte, G. (2022). Primeras experiencias en el cultivo de frutillas en fibra de coco, bajo el sistema de producción New Growing Systems en la localidad de Lima, partido de Zárate, Buenos Aires. En *Memoria dinámica de estrategias de la EEA San Pedro. 2021–2022* (pp. 37–41). INTA Ediciones, EEA San Pedro.

- García, L. M., & Paganini, A. H. (2021). Crecimiento del cultivo de frutillas en el territorio y su abordaje en la fertilidad intensiva: Implementación de herramientas tecnológicas para visibilizar al sector en crecimiento sobre los suelos de la costa norte bonaerense. En *Memoria dinámica de estrategias de la EEA San Pedro* (pp. 33–34). INTA Ediciones, EEA San Pedro. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/9434>
- Hutchinson, G. K., Nguyen, L. X., Ames, Z. R., Nemali, K., & Ferrarezi, R. S. (2025). Substrate system outperforms water-culture systems for hydroponic strawberry production. *Frontiers in Plant Science*, 16, Article 1469430. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1469430>
- INTAGRI. (2017). *La hidroponía: Cultivos sin suelo* (Serie Horticultura Protegida, núm. 29). <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>
- Lee, H., Cui, M., Lee, B., Hwang, H., & Chun, C. (2023). Optimization of the pot volume and substrate for strawberry cultivation in a hydroponic system. *Horticultural Science and Technology*, 41(6), 634–644. <https://doi.org/10.7235/HORT.20230054>
- López, S. N., Argüello, V. N., Candás, L., Barrientos, G. N., Cagnotti, C. L., Polack, L. A., & Riquelme Virgala, M. B. (2025). Desarrollo poblacional de artrópodos y manejo fitosanitario en tres sistemas de producción de frutilla en Buenos Aires, Argentina. *Horticultura Argentina*, 44(115), 55–76. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/24765>
- Miserendino, E. (2012). *Frutilla: Implantación del cultivo en Patagonia*. Ediciones INTA, EEA Alto Valle. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/17772>
- New Growing System. (s. f.). *NGS system: Recirculating hydroponic system*. <https://ngsystem.com/en/ngs-system/>
- Puerta, A. V., Sacks, M., & Birgi, J. A. (2024, 20 de septiembre). *Hidroponía y cultivo en sustrato: Una alternativa eficiente y con innovación tecnológica* [Presentación en conferencia]. TecnoFIDTA, Buenos Aires, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/23047>

- Resh, H. M. (2012). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (7.^a ed.). CRC Press.
- Sahoo, S., Sahoo, D., & Sahoo, K. K. (2024). Optimization of an efficient hydroponic cultivation method for high yield of strawberry plants. *South African Journal of Botany*, 167, 429–440. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.02.033>
- Savvas, D., & Gruda, N. (2018). Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry: A review. *European Journal of Horticultural Science*, 83(5), 280–293. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.5.2>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2023). *Producción de frutilla en Argentina*. Ministerio de Economía de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sagyp-informe-produccion-frutilla-enero-2023.pdf>
- Tuxun, A., Xiang, Y., Shao, Y., Son, J. E., Yamada, M., Yamada, S., Tagawa, K., Baiyin, B., & Yang, Q. (2025). Soilless cultivation: Precise nutrient provision and growth environment regulation under different substrates. *Plants*, 14(14), Article 2203. <https://doi.org/10.3390/plants14142203>
- Tyfu Cymru. (2018). *Soilless cultivation for tabletop strawberry*. <https://www.tyfucymru.co.uk/media/1350/strawberry-soilless-toolkit-eng-3.pdf>
- Valenzuela, O. (2019). *El cultivo sin suelo y la sustentabilidad de las producciones intensivas* (Boletín de Divulgación Técnica/EEA San Pedro, n.º 24). Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/4853>