

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN FINAL

Las granjas verticales se integran a la agricultura tradicional disminuyendo la dependencia de factores climáticos y logísticos en la producción hortícola.

Autor/es:

Barbeito Ranea, Juan Ignacio - LU: 1159612

Cortina Téllez, Francisco - LU: 1069866

Rodríguez Bauzá, Nicolás - LU: 1126992

Carrera:

Licenciatura en Administración de Empresas

Tutor/es:

Jablonka, Patricia

Año:

2025

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, el equipo de trabajo desea expresar su profunda gratitud a nuestra tutora, Patricia Jablonka, por su valioso acompañamiento, seguimiento y orientación a lo largo de este cuatrimestre. Su conocimiento, dedicación y vocación docente representaron un aporte fundamental para el desarrollo y consolidación de nuestra tesis.

En segundo lugar, queremos reconocer a los profesionales y expertos que participaron generosamente, compartiendo su tiempo, experiencia y conocimientos vinculados al campo de estudio. Extendemos un agradecimiento especial a Mariano Michel, Sebastián Padin y Liliana Osorio, cuyos aportes y perspectivas contribuyeron de manera sustancial al análisis y a la comprensión empírica del tema abordado.

Finalmente, expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestras familias, quienes nos acompañaron desde el inicio de nuestra formación académica. En los momentos más desafiantes y de incertidumbre, su apoyo incondicional y aliento constante fueron una fuente esencial de motivación para continuar con nuestras carreras.

A todos los mencionados, les manifestamos nuestro más profundo agradecimiento. Sus contribuciones, apoyo y confianza han sido determinantes para la culminación de este trabajo de investigación final.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar la viabilidad de integrar las granjas verticales como complemento al sistema de agricultura tradicional en Argentina, con énfasis en la reducción de dos problemáticas estructurales: la dependencia climática y la ineficiencia logística.

A partir de un enfoque metodológico mixto, descriptivo y explicativo, basado en el cruce de datos. Se contrastó el marco teórico con la “voz del mercado” mediante encuestas a operadores mayoristas y minoristas, entrevistas en profundidad a expertos en el sector agrotecnológico y mediante el análisis de dos casos de éxito y uno de fracaso.

Los hallazgos evidencian que, si bien los actores del mercado validan la necesidad crítica de estabilizar la oferta y mejorar la calidad, existe una barrera significativa para la adopción masiva condicionada por el precio y los costos de inversión inicial. Se demostró que la tecnología de ambiente controlado resuelve eficazmente la vulnerabilidad meteorológica y la falta de oferta local, pero el mercado actual la percibe como un producto de nicho.

En conclusión, el estudio valida parcialmente la hipótesis, posicionando a las granjas verticales no como un sustituto directo, sino como un complemento estratégico necesario para garantizar la seguridad alimentaria y la continuidad del suministro ante crisis climáticas, aunque su expansión masiva depende de la evolución en la estructura de costos operativos.

Palabras clave: Granjas Verticales - Hidroponía - Seguridad Alimentaria - Logística - Dependencia climática - Agricultura Urbana

ABSTRACT

The objective of this research paper is to analyze the feasibility of integrating vertical farms as a complement to the traditional agricultural system in Argentina, emphasizing the reduction of two structural issues: climate dependency and logistical inefficiency.

Using a qualitative and descriptive methodological approach based on data triangulation, the theoretical framework was contrasted with the “voice of the market” through surveys conducted with wholesale and retail operators, in-depth interviews with experts in the agritech sector, and the analysis of two success stories and one failure case.

The findings indicate that, although market actors validate the critical need to stabilize supply and improve quality, a significant barrier to mass adoption exists, conditioned by price and initial investment costs. It was demonstrated that controlled environment technology effectively resolves meteorological vulnerability and the lack of local supply; however, the current market perceives it as a niche product.

In conclusion, the study partially validates the hypothesis, positioning vertical farms not as a direct substitute, but as a necessary strategic complement to guarantee food security and supply continuity in the face of climate crises, although their mass expansion depends on the evolution of the operational cost structure.

Keywords: Vertical Farming - Hydroponics - Food Security - Logistics - Climate Dependency - Urban Agriculture.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN.....	8
MARCO TEÓRICO	14
Contextualización - Estado del Arte	14
Capítulo 1: Integración de las granjas verticales en la agricultura tradicional	26
1.1 — Motivación al cambio y contexto general.....	26
1.2 — Concepto y características de las granjas verticales	30
1.3 — Modelos de integración con la agricultura tradicional.....	33
Capítulo 2. Dependencia de factores climáticos y logísticos en la producción hortícola tradicional.....	40
2.1 Dependencia climática en sistemas a cielo abierto	40
2.2. Dependencia logística en la cadena hortícola tradicional.....	44
2.3. Interacción entre clima y logística: vulnerabilidad ambiental y alimentaria	47
2.4. Indicadores y datos relevantes.....	48
Capítulo 3: Resiliencia y Seguridad Alimentaria Urbana: El Aporte de la Producción Integrada ..	50
3.1. Fundamentos Conceptuales de la Resiliencia Alimentaria	50
3.2. Dimensiones de la Seguridad Alimentaria Urbana.....	52
3.3 Contribución de las granjas verticales a la resiliencia urbana.....	53
3.4 Desafíos y Límites para la Integración al Sistema Hortícola.....	57
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	60
Fundamentación metodológica	60
Trabajo de campo	61
Análisis de casos de éxito y de fracaso.....	62
Capítulo 4: Análisis de resultados de los instrumentos de recolección	65
4.1 Análisis de datos recogidos mediante encuestas.....	65
Análisis.....	65
4.2 - Análisis de casos	72
4.2.1 - Caso de éxito MAPHI, Antártida Argentina.....	72
4.2.2 - Caso de éxito ADBlick Hidroponía, Provincia de Buenos Aires.....	76
4.2.3 - Caso de fracaso.....	80
4.3 - Análisis de entrevistas a expertos.....	85

4.3.1 - Análisis diferencial de Osgood.....	91
Triangulación metodológica.....	95
Conclusión	99
Bibliografía	103
Anexos.....	109
Anexo 1 - Encuesta	109
Anexo 2 - Acceso a bibliografía utilizada para el análisis de casos	112
Anexo 3 - Entrevistas a expertos	115
TRANSCRIPCIONES	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	19
Figura 2.....	20
Figura 3.....	64
Figura 4.....	66
Figura 5.....	66
Figura 6.....	67
Figura 7.....	68
Figura 8.....	69
Figura 9.....	69
Figura 10.....	70
Figura 11.....	71
Figura 12.....	72
Figura 13.....	82
Figura 14.....	83
Figura 15.....	86
Figura 16.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18.....	95

INTRODUCCIÓN

La agricultura tradicional Argentina enfrenta actualmente un escenario complejo marcado por el cambio climático y por el uso intensivo de la tierra, que causa que los nutrientes de la misma no puedan regenerarse en su totalidad. Este uso intensivo genera dependencia en agroquímicos para producir cultivos aptos para su comercialización y frescura. A su vez, se requiere de un uso excesivo del agua, ya que los productores necesitan hacer frente a sequías cada vez más recurrentes. A estos factores se le suma uno la complejidad logística, la cual consiste en las largas cadenas de transporte necesarias para abastecer los centros urbanos. Estas cadenas, además de ser generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero, causan que los costos aumenten significativamente (por ende, el precio al que accede el consumidor final). Otra desventaja consiste en la reducción de la frescura y calidad de los alimentos. Esta situación plantea serias limitaciones a la sostenibilidad del sistema agroalimentario y al acceso seguro a productos hortícolas frescos en las ciudades.

Ante este contexto, las granjas verticales emergen como una alternativa innovadora que combina sustentabilidad y viabilidad económica. A través del uso de sistemas de producción alternativa, como la hidroponía, aeroponía y el control de entornos de cultivo, es posible producir frutas y verduras en espacios urbanos reducidos, sin dependencia a los factores climatológicos, optimizando el uso de recursos y disminuyendo el impacto ambiental. La hipótesis que guía este trabajo sostiene que las granjas verticales integradas a centros urbanos se pueden complementar con la agricultura tradicional en los cultivos hortícolas, reduciendo la dependencia climática y logística para su abastecimiento y adicionalmente disminuyendo la huella ecológica y fortaleciendo la seguridad alimentaria.

Problemática

La producción hortícola tradicional enfrenta desafíos importantes relacionados al creciente cambio climático que afecta a las producciones, el uso intensivo de la tierra que limita su calidad productiva debido al uso necesario de agroquímicos el cual genera dependencia de los mismos, el consumo excesivo de agua, la contaminación derivada de este proceso, conjuntamente a largas cadenas de transporte generadoras de emisiones y aumento de mermas en la postproducción como también pérdida en la frescura de los alimentos. Esto causa un impacto negativo tanto en la salud de los consumidores como en los ecosistemas y dificulta la sostenibilidad del suministro de alimentos particularmente en centros urbanos cuya densidad poblacional se proyecta al alza.

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se justifica desde una perspectiva ambiental, ya que los sistemas hidropónicos utilizados en granjas verticales requieren significativamente menos agua que la agricultura convencional, eliminan el uso de pesticidas y herbicidas casi en su totalidad debido a la posibilidad de controlar el entorno de los cultivos, de esta forma independizando el sistema de factores ambientales. Esto no solo disminuye la contaminación del suelo y de fuentes hídricas, sino que también permite mitigar algunos de los efectos asociados al cambio climático al reducir emisiones derivadas del transporte y la degradación de tierras productivas mediante la integración de estos sistemas a cercanías de los consumidores finales.

La pertinencia del tema radica en la necesidad de repensar los modelos de negocio vinculados a la producción y distribución de alimentos. Las granjas verticales urbanas acortan las cadenas de suministro, lo que reduce costos logísticos y desperdicios, pero al mismo tiempo garantizan

productos más frescos y de mejor calidad nutricional para los consumidores. Este enfoque puede abrir nuevas oportunidades comerciales en entornos urbanos, donde la demanda de alimentos sostenibles y locales crece de manera tendenciosa.

Por último, el estudio es relevante en el contexto argentino porque las ciudades concentran gran parte de la población y enfrentan dificultades crecientes para acceder a alimentos frescos, económicos y de calidad. Investigar la viabilidad de las granjas verticales permite identificar en qué medida pueden ser una solución sostenible y rentable, capaz de complementar la agricultura tradicional y responder a los desafíos de seguridad alimentaria en escenarios de crisis climática y urbana.

Hipótesis

Las granjas verticales se integran a la agricultura tradicional disminuyendo la dependencia de factores climáticos y logísticos en la producción hortícola.

Se buscó responder las siguientes preguntas

Preguntas generales

- ¿Cómo la agricultura vertical reduce el impacto ambiental en comparación con la agricultura tradicional?
- ¿Cuáles son los cuellos de botella de la agricultura tradicional que justifican soluciones urbanas?
- ¿De qué manera la proximidad productiva de las granjas verticales reduce estos cuellos de botella frente al esquema tradicional de larga distancia?

Preguntas específicas

- ¿Es el control del ambiente un factor determinante para su aplicación urbana?
- ¿Cómo el control ambiental en cultivos indoor fortalece la seguridad alimentaria urbana al mantener ciclos estables y reducir pérdidas postcosecha?
- ¿Cómo la hidroponía y aeroponía, al estabilizar ciclos y acercar producción, reduce interrupciones logístico-climáticas (días de corte) y mejora continuidad anual en hojas/brotes?
- ¿Cómo incide la distancia logística en las pérdidas postcosecha de sistemas tradicionales y verticales?

Los objetivos a alcanzar fueron

General

- Analizar la contribución de la integración de las granjas verticales urbanas para disminuir la dependencia de factores climáticos y logísticos en la producción hortícola.

Específicos

- Identificar los principales riesgos operacionales (factores climáticos y logísticos) que comprometen la estabilidad de la cadena hortícola tradicional.
- Evaluar el potencial de aplicación del modelo para mitigar los riesgos logísticos y climáticos (poner énfasis en el control ambiental y el acortamiento de la cadena).
- Identificar los beneficios de las granjas verticales frente a los desafíos de la cadena de valor tradicional (frescura, emisiones, seguridad alimentaria).

- Explorar las alternativas productivas de las granjas verticales en centros urbanos de Argentina.
- Cómo el uso de sistemas hidropónicos en granjas verticales urbanas disminuye el consumo de recursos y cómo ayuda a mitigar los impactos ambientales vinculados al cambio climático.

Alcances y limitaciones del estudio

El presente trabajo se enmarca en un estudio descriptivo—explicativo, de diseño no experimental y corte transversal, orientado a analizar la viabilidad de integrar granjas verticales como complemento a la horticultura tradicional en Argentina. El alcance temático se circunscribe a los cultivos hortícolas frescos de alta perecibilidad y valor agregado, poniendo el foco en la reducción de la dependencia climática y logística mediante sistemas hidropónicos y aeropónicos en ambiente controlado. El análisis se centra principalmente en el Área Metropolitana de Buenos Aires y su sistema de abastecimiento —en particular, el Mercado Central de Buenos Aires—, complementado con casos de estudio y experiencias seleccionadas de agricultura en ambiente controlado. Los resultados obtenidos buscan aportar insumos para la discusión sobre modelos de producción de proximidad y no constituyen un plan de negocios ni una propuesta de política pública específica.

El estudio presenta, no obstante, una serie de limitaciones que es necesario explicitar. En primer lugar, el tamaño y la selección de la muestra de encuestas y entrevistas es acotado e intencional, por lo que los hallazgos no son estadísticamente generalizables al conjunto de operadores y compradores del país, sino que reflejan percepciones de un grupo particular de actores. En

segundo lugar, la cobertura geográfica se concentra en el AMBA y en actores vinculados al Mercado Central, quedando otras regiones hortícolas representadas principalmente a través de la revisión bibliográfica. En tercer lugar, al tratarse de un estudio transversal basado en datos recolectados en un periodo específico, no se captan las variaciones estacionales completas ni la evolución temporal de las tecnologías y costos asociados a las granjas verticales.

Finalmente, si bien se discuten los aspectos energéticos, económicos y sociales de la agricultura vertical, el trabajo no desarrolla un modelo económico-financiero detallado ni un análisis de ciclo de vida propio, y la dimensión de accesibilidad para los consumidores urbanos se aborda de manera indirecta, a partir de la literatura y de la percepción de los actores de la cadena comercial. Estas limitaciones abren líneas claras para futuras investigaciones orientadas a profundizar el análisis cuantitativo de costos y emisiones, ampliar la cobertura territorial y sumar la voz de consumidores y decisores de política en la evaluación integral de estos sistemas.

Declaración de originalidad: El documento firmado por los autores, donde declara que el trabajo es original y no ha sido presentado en otra instancia académica, contemplando la normativa de honestidad académica.

MARCO TEÓRICO

Contextualización - Estado del Arte

Evolución histórica de la agricultura argentina

Argentina históricamente ha sido un referente de la agricultura a nivel mundial, siendo en su momento conocida como “el granero del mundo” a partir de su integración al mercado mundial por parte del modelo agroexportador, consolidado entre los años 1880 y 1930. Este esquema productivo surgió debido a una combinación de factores globales; la demanda de materias primas, la inversión de capitales extranjeros que permitió el desarrollo y modernización de la infraestructura en el país, e inmigración masiva desde Europa permitiendo tener mano de obra e impulsar el mercado interno; las políticas Estatales buscaron expandir la producción para la exportación de principalmente cereales carnes, cueros y lanas (Beremblum, 2010). La demanda mundial de estos productos llevó al campo argentino a especializarse en cultivos intensivos aprovechando la fertilidad de la Pampa húmeda (con baja mecanización y rotaciones tradicionales), llevando a que la horticultura (frutas y verduras) sean relegados a espacios periurbanos con el objetivo de abastecer el consumo local.

Previo a este proceso de reorganización productiva, la industria agropecuaria en el país se encontraba fragmentada y orientada a la subsistencia más que al comercio. Este periodo histórico permitió a la Argentina, que contaba con recursos naturales abundantes y fértiles, asegurar un crecimiento sostenido en el tiempo e incorporar los tres factores de los cuales carecía para lograrlo: el capital y la mano de obra; la expansión de la frontera agropecuaria; y la unificación del mercado interno.

Si bien este modelo marcó un gran progreso e inserción en el mercado mundial, consigo trajo ciertas desventajas como la dependencia del mercado externo, lo cual fue el causante del fin de este modelo debido a la gran depresión de 1929 que generó la caída del precio de las materias primas. Un desequilibrio regional en cuanto al desarrollo de aquellas provincias cuyas industrias no formaron parte de este modelo, de esta forma también se creó un latifundismo causando que los grandes estancieros crezcan socioeconómicamente más que el resto de la población.

Adicionalmente, debido al énfasis puesto en la exportación de materias primas, el crecimiento agrícola no fue acompañado por un desarrollo del sector industrial, siendo que las inversiones principalmente se abocaron a la maquinaria agrícola e infraestructura para la producción y transporte de este tipo de productos.

Entre 1930 y 1960, la agricultura argentina atravesó una etapa de transición marcada por la crisis del modelo agroexportador, la creciente intervención del Estado y la subordinación del sector rural a las políticas de industrialización. La producción se mantuvo centrada en cereales y ganadería extensiva, con escasos avances tecnológicos y rendimientos estancados en comparación con el resto del mundo. Esta combinación de baja innovación y tensiones entre el campo y el Estado preparó el terreno para la posterior modernización e intensificación agrícola que se consolidaba a partir de la década de 1960.

Llegando a la década de 1970, el sector agropecuario comenzó con un proceso de transformación tecnológica hacia lo agroindustrial, que implicó entre otras transformaciones, la expansión de los cultivos, incorporando principalmente a la soja como cabeza de un crecimiento productivo (Cominiello, 2012). Estas incorporaciones manifestaron un crecimiento notable en la superficie

cultivada como en los rendimientos por hectárea, acompañados por movimientos de concentración de capital agrario y reorganización social del trabajo (Villulla y Hadida, 2012). Al analizar este periodo debemos poner foco en distintos puntos centrales para entender correctamente la evolución hacia la modernidad del sector agropecuario argentino. Durante esta década, la superficie destinada a los cereales y oleaginosas fue de 18.970.852 hectáreas. De esta superficie, analizando cultivos de trigo-soja-maíz, ocupaban el 43,5% (8.267.360 ha). En la década posterior (1980), los cereales y oleaginosas se extendieron a 29.861.673 hectáreas de las cuales los tres cultivos representaron el 77,1% (23.029.958 ha) (Barsky y Gelman, 2009). Tres fenómenos explican principalmente este aumento general de la producción. En primer lugar, la ampliación de superficie destinada a dichos cultivos. En segundo lugar, en 1970, aplicar la rotación trigo-soja-maíz que implicó poder efectuar 3 cosechas en 2 años, aumentando en un tercio la superficie aprovechada por el cultivo (Cominiello, 2012). Por último, la incorporación de las técnicas de “labranza tradicional”, avance tecnológico del momento el cual se centró en los niveles de fertilización de los suelos, efectuando mejores labranzas de la tierra permitiendo tener mejores nutrientes para el cultivo. Este tipo de labores mecánicas resultaban fundamentales para preparar el suelo y limitar la competencia de los cultivos, caracterizada por el uso intensivo de arados, rastras y cultivadores para preparar la cama de siembra y controlar mecánicamente las malezas que buscaba enterrar residuos de cosechas anteriores, airear el suelo y reducir la competencia con los cultivos, pero implicaba múltiples pasadas de maquinaria, elevados costos de operación y un creciente deterioro de la estructura de la tierra, con procesos de erosión, pérdida de materia orgánica y compactación.

Entrando en la década del 1980, la adquisición de herbicidas importados, formado por fertilizantes y plaguicidas abrió camino a una nueva generación de tecnologías que permitía alternativas viables para combatir las malezas. Este nuevo avance disminuyó el laboreo continuo, reduciendo la dependencia de las labores mecánicas intensivas y abrió camino hacia prácticas más conservadoras, como la “siembra directa”, que aprovecharon tanto la eficacia de los agroquímicos como la posibilidad de mantener la cobertura vegetal sobre el suelo. Este cambio marcó una transición clave en la agricultura argentina, reemplazando la lógica del movimiento constante de la tierra por un manejo químico más eficiente del sistema productivo (Piñeiro y Villarreal, 2005).

El fin de esta década marcó la transición definitiva a un modelo agroindustrial, donde los grandes competidores adquirieron ventajas competitivas en concepto de escalabilidad de recursos y capital, llevando a que un 50% de las tierras de la zona pampeana se trabajen bajo algún concepto de arrendamiento.

Ya en la década de 1990, se dio comienzo a un fenómeno reconocido como el “boom de la soja”. Si bien la adopción de este cereal por el sector agrícola argentino se dio de manera experimental en los años ‘70 conforme al correr del tiempo su sembrado experimentó un crecimiento exponencial, llegando así en 1991/92 a superar al trigo como el cultivo más importante del país (Cadenazzi, 2009). En el año 1996 en Argentina se aprobó la siembra de soja RR (Roundup Ready) desarrollada por Monsanto y resistente al herbicida glifosato, generando un quiebre histórico permitiendo simplificar el control de malezas con una única aplicación masiva de glifosato, reduciendo los costos de laboreo al combinar esta semilla con la siembra directa, y permitió intensificar ampliamente la producción. Como consecuencia de este aumento

productivo, de la mano de la adaptabilidad del cultivo, la demanda internacional y precios en el mercado mundial el cultivo de soja se convirtió en el eje central del modelo agroexportador argentino, ocupando el 50% de la superficie cultivada del país en la campaña 2007/08 (Cadenazzi, 2009) y a un 60% en la campaña 2015/16. Esta expansión sojera o también conocida como “sojización” implicó también la adopción de prácticas ganaderas hacia otras provincias, avanzando hacia el NOA y NEA, duplicando la superficie de la frontera agrícola para 2010.

La hiperinflación característica de los años 90 en Argentina y los desajustes económicos del año 2000 impactaron fuertemente al campo argentino, y fue en la soja que los productores encontraron un escenario propicio para prosperar y para aquellos propietarios tradicionales una posibilidad de competir con los grandes terratenientes y los pools de siembra.

El impacto y rápida expansión que tuvo la soja se dieron por la confluencia de distintas variables que, a partir de 1993, transformaron radicalmente el mapa agropecuario argentino: Los precios internacionales del poroto de soja y sus derivados (harinas, pellets y aceites), la inversión foránea que atrajo al país, el desarrollo agroindustrial integrado con el crecimiento del cultivo, la expansión de las fronteras agrícolas a nuevas provincias, especialización del talento humano aplicado a la tradición agrícola del país, además impulsado por un entorno legal flexible que permite soluciones productivas (como pools de siembras y arrendamientos) y ventajas tributarias que favorecieron a la inversión (AgroSpray, 2021).

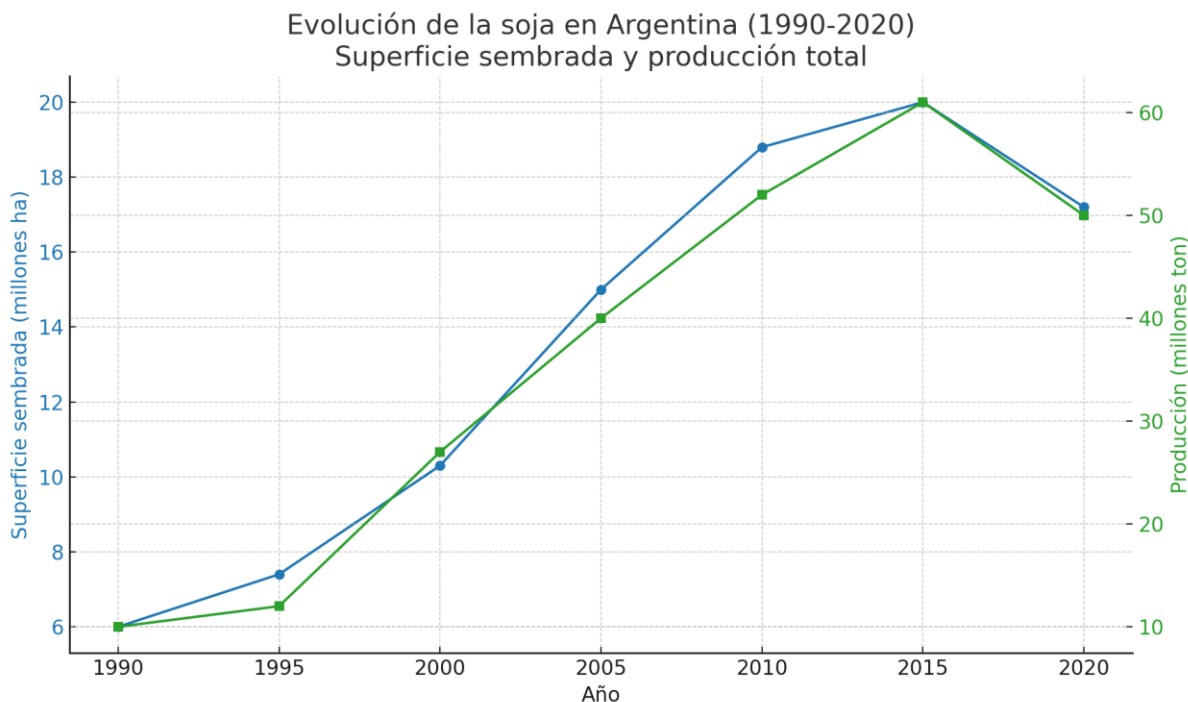


Figura 1

(Fuente: MAGyP; FAOSTAT).

En Argentina la soja se ha convertido en el principal generador de divisas por exportación, según el portal SantanderTrade basado en datos del INDEC 2023, dentro de los principales 50 productos dentro de 5103 se encuentra el 75,6% de las exportaciones totales, siendo los derivados de soja un 20,9%, por encima de productos relacionados con el petróleo y petroquímicos (12,6%), maíz (9,6%) y carne vacuna y cueros (5,3%). En este contexto durante la campaña 2023/24 se proyectó una relación del 80% de la producción de soja para exportación, ya sea como grano o en procesos que conlleven su transformación a harina, aceite o biodiesel. (Rodríguez, Marín y Calzada, 2024).

Destinos y usos de la producción nacional de poroto de soja. Campaña 2023/24	
Rubro	Mt
Producción de soja	50,00
Exportaciones poroto de soja	4,80
Poroto de soja asignado a semillas y alimento balanceado	5,70
Poroto de soja asignado a crushing	41,50
Producción de harina, pellets y expeller de soja	31,70
Producción de aceite de soja	8,10
Producción de biodiesel	1,40
Exportaciones de harina, pellets y expeller de soja	29,00
Exportaciones de aceite de soja	5,70
Exportaciones de biodiesel	0,67
Exportaciones del complejo sojero	40,17
Relación exportaciones/producción nacional de poroto de soja	80%

Figura 2

(Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario)

Sin embargo, este crecimiento sostenido en los rendimientos no fue neutro en términos ambientales. La intensificación bajo un esquema predominantemente sojero, impulsado por grandes empresas que priorizan la rentabilidad sobre la inversión, y relegó a un segundo plano la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Degradación de los suelos

Se entiende por degradación a la pérdida de las cualidades físicas, químicas, biológicas y ecológicas de la tierra, surgidas por perturbaciones naturales o a causa del hombre. Entre las consecuencias de la degradación se puede encontrar el agotamiento de nutrientes y materia orgánica, la desertificación, erosión del suelo como también la acidificación. Si bien existe una amplia gama de causas de degradación, estas se encajan dentro de cuatro tipos:

1. Biológicas: implicando una disminución en la actividad microbiana, por reacciones bioquímicas destructivas.
2. Química: causada por fertilizantes sintéticos y pesticidas, que afecta a la nutrición de las plantas, el contenido de humus y cambia el pH del suelo.
3. Ecológico: contribuyen a los cambios relacionados con el medioambiente, principalmente el cambio climático (alteración en precipitaciones, aumento en temperaturas o fenómenos meteorológicos extremos), como la deforestación y la pérdida de cubierta vegetal de los suelos.
4. Física: provoca pérdida y agotamiento de la capa fértil de suelo, generado por causas naturales o por la labranza intensiva o el uso de maquinaria pesada. A largo plazo perjudica la fertilidad, composición y estructura del suelo.

Si bien la degradación de los suelos es un fenómeno que sucede de forma natural, durante las últimas décadas la agricultura industrial, el pastoreo excesivo y la urbanización han acelerado este proceso. En el marco de esta investigación detallaremos causas de este avance en el desgaste del suelo cultivable que surgen en consecuencia a las principales prácticas relacionadas al modelo agrícola argentino actual.

El avance de la frontera agrícola hacia NOA–NEA produjo deforestación y desmonte con reemplazo de bosques nativos por soja: Santiago del Estero perdió 54.123 ha, Chaco 39.182 ha y Formosa 15.069 ha; en Salta (11.512 ha), Tucumán y Jujuy la expansión afectó yungas y monte chaqueño. Una porción sustantiva fue ilegal: en Santiago del Estero ~80% ocurrió en zonas Rojo I–II y Amarillo (prohibidas), y en Chaco la totalidad se realizó pese a la suspensión judicial vigente desde octubre de 2020 (Greenpeace, 2025). Además de la pérdida de biodiversidad (desaparición de hábitats y especies), la deforestación acelera la erosión y reduce la fertilidad del

suelo; al eliminar sumideros de carbono, libera CO₂, contribuye al cambio climático y altera el ciclo hídrico: menor infiltración y retención de agua, más inundaciones y contaminación de acuíferos por arrastre de fertilizantes sintéticos. Aunque la Ley de Bosques (2014) atenuó la tendencia, persisten impactos sociales (desplazamientos de comunidades) y ambientales de gran escala.

El monocultivo —siembra continua de una sola especie— simplifica labores y busca eficiencia, pero reduce la diversidad biológica y funcional, empobrece el suelo, eleva la vulnerabilidad a plagas/enfermedades y profundiza la dependencia de insumos externos (fertilizantes y agroquímicos). Un estudio INTA–PROSA (2019) estimó que 36% del suelo argentino (≈100 millones de ha) sufre erosión. Para Roberto Casas (INTA), la adopción de tecnología y nuevos sistemas aceleró la degradación; si bien la siembra directa mejoró rendimientos y materia orgánica frente a la labranza tradicional, la “tendencia a un solo cultivo” afectó negativamente las funciones del suelo y la sustentabilidad. En la región pampeana y extrapampeana, Carolina Sasal (INTA) cuantificó que el monocultivo de soja pierde ~50% más agua por escurrimiento/año que rotaciones maíz-trigo/soja, y que secuencias diversificadas mejoran la eficiencia productiva y ambiental (Agribio, 2021). En síntesis: la simplificación del sistema incrementa pérdidas de suelo, compactación, disminución de materia orgánica y escurrimiento, con consecuencias sobre rendimientos y costos.

El uso intensivo de agroquímicos permitió la adopción masiva de siembra directa y elevó la productividad a corto plazo, pero generó dependencia (especialmente bajo monocultivo) y externalidades socioambientales. Por escorrentía, los compuestos llegan a cuerpos de agua,

alteran ecosistemas acuáticos y afectan aves y mamíferos que dependen de ellos; en ecosistemas terrestres, además de las especies objetivo, dañan insectos benéficos —polinizadores y enemigos naturales de plagas—. La FAO estima que ~35% de la producción mundial de cultivos depende de polinización animal y que >80 cultivos alimentarios mejoran significativamente su rendimiento gracias a ella. En Patagonia, CONICET (marzo 2023) halló residuos de plaguicidas en 7 de cada 10 muestras de miel (tóxicos para abejas y de riesgo moderado para la salud humana), lo que evidencia que los contaminantes ingresan a la cadena alimentaria a través de productos cotidianos como la miel.

Los riesgos para la salud están documentados: SENASA reportó 7.869 positivos de residuos de plaguicidas en frutas, hortalizas, cereales y oleaginosas (identificó 80 principios activos; ~49% con potencial cancerígeno y ~75% disruptores hormonales). En Santa Fe, un estudio con ~27.000 personas, vinculó la exposición crónica a agroquímicos con 2,5× mayor mortalidad por cáncer en jóvenes próximos a áreas agrícolas (Observatorio Socioambiental, UNICEN). Otro relevamiento detectó ~90% de individuos con glifosato en orina y presencia simultánea de múltiples plaguicidas (Radio UNR). En Monte Maíz, Córdoba, la mortalidad por cáncer fue +299% respecto de la capital provincial, y mujeres con cáncer de mama presentaron entre 5 y 9 veces más residuos de pesticidas en sangre (Calderini & Coella, 2022). Se suman reportes de malformaciones congénitas, abortos espontáneos, alteraciones endocrinas y enfermedades respiratorias (asma, EPOC, cáncer de pulmón) en poblaciones crónicamente expuestas; en Pergamino se detectaron pesticidas en agua potable con potencial de disrupción hormonal.

En el plano normativo, la Res. 458/2025 de SENASA moderniza el registro de fitosanitarios, el etiquetado SGA/GHS y crea un registro nacional, pero su implementación es heterogénea entre provincias (SENASA, 2025; InfoLEG, 2025). La exposición dietaria está ampliamente evidenciada: el informe UBA–UNLP (2017) para AMBA halló 42% de muestras no conformes (excesos o moléculas no autorizadas), 61% con ≥ 1 plaguicida y 11% con > 3 ; en paralelo, el consumo de fertilizantes creció de ~300.000 t (1990) a ~4,6 Mt (2019) (CIAFA; Carbono News, 2020). Este contexto erosiona la confianza del consumidor: cuando frutas y verduras no certificadas exceden límites o contienen sustancias no permitidas, se configura un riesgo sanitario, un problema de credibilidad de la cadena y atentan contra la seguridad alimentaria.

Estas dinámicas repercuten con especial intensidad en la horticultura (consumo fresco, ciclos cortos). INTA (2018) midió residuos y su degradación; el proyecto Plaguicidas: los condimentos no declarados comprobaron residuos en frutas y verduras de bancos alimentarios (Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, 2015); Fundación CAUCE & Naturaleza de Derechos (2024) registró alta frecuencia y concentración de plaguicidas en productos clave del consumo; y Pérez, Giunta, Stafolani, Morcelle & Arredondo (2024) mostraron residuos en el interior de tejidos vegetales (difíciles de remover por lavado). A escala regional, UNL (2022) confirmó residuos en frutas y hortalizas del consumo dietario santafesino. En suma: la combinación de aplicaciones frecuentes, baja rotación y monocultivo aumenta la probabilidad de acumulación de residuos, con impacto directo en la inocuidad.

En paralelo, la estructura espacial y logística de la horticultura —aprox. 965.000 ha. y 9 millones de t/año, con fuerte peso de Buenos Aires, Mendoza y Salta— se organiza en cinturones

periurbanos (Cinturón Hortícola Platense, oasis de Cuyo, áreas del Litoral) que abastecen mercados centrales. El Mercado Central de Buenos Aires concentró >2,2 millones de t en 2018 (más de 500 empresas), lo que evidencia la magnitud de los flujos; sin embargo, la presión inmobiliaria, los altos arrendamientos, la fragmentación por falta de ordenamiento, los altos costos de insumos y las brechas de infraestructura (sistemas de riego, cadena de frío, almacenamiento) reducen competitividad y afectan especialmente a pequeños productores (Kirschbaum, Barón, Aguinaga & Aquindo, 2024; García, 2012; Merchán, 2016; INTA, 2023; Mercado Central de Buenos Aires, 2018).

El cambio climático —sequías, olas de calor, precipitaciones extremas— compromete la regularidad y calidad de la oferta (IPCC, 2023; MAGyP, 2022). El resultado es una cadena más larga y vulnerable: suben los kilómetros-alimento, los costos logísticos y la merma postcosecha (en hojas, por déficit de frío), afectando disponibilidad, precios y estabilidad para el consumidor urbano.

Ante este escenario, emergen alternativas y estrategias de transición. En Argentina su adopción es incipiente, pero su proximidad y modularidad las vuelve candidatas a complementar la horticultura tradicional en nichos críticos (ciclos estivales, hojas, “última milla” con frío). Las barreras son principalmente institucionales y culturales —más que tecnológicas—: falta de asistencia técnica, incentivos económicos y políticas que promuevan la transición (Auer, Mikkelsen & Laterra, 2024; FAO, 2021).

Capítulo 1: Integración de las granjas verticales en la agricultura tradicional

1.1 — Motivación al cambio y contexto general

1.1.1 — Crisis de la agricultura tradicional (suelo, agua, insumos, urbanización)

La “modernización” del agro argentino desde fines de los 60 y a lo largo de los 70–80 elevó rendimientos y superficie vía la expansión de cereales y oleaginosas —con la soja como pivote—, pero profundizó dependencias técnicas y económicas (insumos importados, maquinaria y capital) y dejó una huella biofísica persistente. En la década posterior a 1970, el área en cereales y oleaginosas trepó hasta 29,86 millones de ha, con trigo–soja–maíz alcanzando el 77,1 % del total; tres factores explican ese salto: (i) ampliación de superficie, (ii) rotación trigo–soja–maíz, y (iii) adopción de “labranza tradicional” (altas dosis de fertilización + múltiples pasadas mecánicas) (Barsky & Gelman, 2009; Cominiello, 2012). Si bien el paquete técnico mejoró la cama de siembra y la competencia con malezas, implicó altos costos operativos y deterioro estructural del suelo (erosión, pérdida de materia orgánica, compactación); el viraje posterior hacia siembra directa y un manejo más químico consolidó la concentración de capital y un esquema donde las grandes explotaciones capturan mejor las economías de escala (Piñeiro & Villarreal, 2005).

La intensificación sobre ecorregiones clave (Pampa Húmeda, NOA) se apoyó en uso intensivo de agroquímicos y esquemas de monocultivo que, si bien estabilizaron el salto de rendimientos, erosionaron resiliencia ecológica y social: los suelos contienen menor estructura y materia orgánica, dependencia de insumos críticos y asimetrías en el acceso a tecnología y financiamiento (Piñeiro & Villarreal, 2005). El resultado es un trade-off estructural: eficiencia privada de corto plazo a costa de degradación ambiental acumulada y vulnerabilidad ante shocks

(climáticos o logísticos). En paralelo, el patrón agroindustrial empujó cadenas de suministro extensas, con mayor exposición a interrupciones y un peso creciente de la logística (transporte con cadena de frío) en la huella total del sistema alimentario.

La urbanización amplifica estas tensiones: concentrar consumo en grandes aglomeraciones estira kilómetros y horas de frío, incrementando pérdidas y emisiones a lo largo de la cadena. A escala global, las food-miles representan ~19 % de las emisiones del sistema alimentario y, en frutas y hortalizas, el transporte puede explicar hasta 36 % de la huella (Li et al., 2022). Además, producir cultivos como la lechuga localmente en invernaderos no calefaccionados en invierno mostró una huella 4,3× menor que cultivarla a >3.600 km y trasladarla en camión refrigerado, con ~78 % de las emisiones totales asociadas a transporte y energía de refrigeración (Nicholson et al., 2019). Esta penalidad logística, combinada con la degradación biofísica y la dependencia química, refuerza la motivación de cambio hacia modelos sostenibles, próximos al consumo y con control ambiental.

1.1.2 — Presión y demanda urbana de alimentos frescos

Las áreas metropolitanas exigen volumen estable de frescos con estándares crecientes de calidad, inocuidad y precio. En Argentina, entre 60–70 % de las hortalizas que abastecen al AMBA provienen del Cinturón Hortícola Platense o de provincias distantes como Corrientes, Mendoza y Salta, lo que implica tramos prolongados en cadena de frío y pérdidas postcosecha asociadas (Benencia y Quaranta, 2019). Integrar una fracción de la oferta mediante unidades verticales urbanas o periurbanas permite relocalizar el eslabón más percedero (hojas, brotes, hierbas y

algunos frutos) cerca del consumo, recortar tiempos de almacenamiento y reforzar la trazabilidad “en origen urbano”.

Este enfoque alternativo complementa al periurbano y al cielo abierto —no los reemplaza—, y su desempeño ambiental depende de la eficiencia de la electricidad: con renovables, diseños pasivos, recuperación de calor e iluminación LED eficiente, los resultados mejoran frente a alternativas convencionales de larga distancia (Martin & Molin, 2019; Graamans et al., 2018; Beacham, Vickers, & Monaghan, 2019). Además, la proximidad incide en calidad nutricional y equidad alimentaria al estabilizar precios y ampliar el acceso a frescos en barrios con oferta limitada.

1.1.3 — Limitaciones del modelo hortícola periurbano (uso de suelo, contaminación, distancia)

Los cordones hortícolas periurbanos sostienen gran parte del abastecimiento de frutas y verduras, pero operan bajo fuerte presión de uso del suelo y límites a la expansión debido a la presión inmobiliaria, lo que empuja a intensificar con ciclos cortos y alta densidad. En ese contexto, aumenta el uso de plaguicidas y la exposición de alimentos de consumo directo, abriendo brechas de inocuidad. Relevamientos documentan residuos de pesticidas en frutas y hortalizas de consumo cotidiano, incluso en productos de programas sociales, con ocurrencia multi sustancia (INTA, 2018; UNLP, 2015; UNL, 2022; Pérez, Giunta, Stafolani, Morcelle, & Arredondo, 2024; Fundación CAUCE & Naturaleza de Derechos, 2024). Un reporte UBA-UNLP indicó que 42% de las muestras del AMBA no cumplen normas del SENASA (exceso de niveles permitidos o químicos no autorizados), 61% presentaba al menos un plaguicida y 11% mezclas de más de tres agroquímicos (Infocampo, 2017). Las vías de ingreso incluyen aplicaciones directas, deriva aérea

y agua de riego contaminada, de modo que el control en origen y trazabilidad se vuelven críticos (INTA, 2018).

La distancia entre polos periurbanos y grandes centros de consumo —sumada a los tiempos de postcosecha y cadena de frío— afecta negativamente a la calidad, mermas y emisiones. En hojas verdes, producir localmente en invernadero no calefaccionado tuvo 4,3× menor huella que cultivar a cielo abierto y transportar en camión refrigerado (Nicholson et al., 2019). Dos líneas de acción se destacan: (i) mejorar el desempeño del periurbano con Buenas Prácticas Agrícolas y Manejo Integrado de Plagas (Etchevehere, 2021-INTA) y (ii) relocalizar parcialmente o integrar estrategias de proximidad —incluida producción controlada en áreas urbanas— para acortar cadenas donde la perecibilidad y el valor por kg lo justifican (Li et al., 2022; Nicholson et al., 2019). Así se amortiguan interrupciones, se mejora la trazabilidad y se alinea el abastecimiento con metas de calidad sanitaria y reducción de huella de carbono.

Como puente hacia la solución, la agricultura vertical se introduce como modalidad de cultivo en ambientes controlados que organiza plantas en capas superpuestas para maximizar uso del espacio y asegurar producción todo el año (Castro Canales, 2023). En zonas como la capital federal y el AMBA —donde 60–70 % de las hortalizas llegan desde el interior del país—, acercar la producción recorta kilómetros refrigerados y horas de almacenamiento (Benencia y Quaranta, 2019; Li et al., 2022; Nicholson et al., 2019) así como también la contaminación de los tramos logísticos desde las zonas productivas distantes. Los ACV muestran que esta ventaja logística se potencia cuando los sistemas verticales se diseñan con LED eficientes, climatización

optimizada e integración renovable (Martin & Molin, 2019; Graamans et al., 2018; Beacham et al., 2019). La regla de diseño que enmarca lo que sigue: proximidad más energía limpia.

1.2 — Concepto y características de las granjas verticales

Las granjas verticales son sistemas de cultivo sin suelo en ambientes controlados -invernaderos o edificios- que disponen las plantas en capas superpuestas para maximizar el uso del espacio, estabilizar la producción a lo largo del año y reducir la exposición a factores climáticos adversos; se encuadran dentro de la agricultura en ambiente controlado, con regulación precisa de luz, agua, temperatura y nutrientes a escala de bandeja o módulo (Despommier, 2010). A diferencia del arreglo horizontal, la organización en altura habilita mayores densidades, bioseguridad superior con la posibilidad de instalación en proximidad de centros urbanos, separando —en términos de control— fotosíntesis, nutrición y clima.

La literatura distingue Fábricas de Plantas con Luz Solar (FPLS) —invernaderos/terrazas que maximizan radiación natural— y Fábricas de Plantas con Luz Artificial (FPLA) —recintos sin dependencia solar, iluminados con LED de espectro ajustable—, un marco para posicionar la granja vertical como evolución de la horticultura protegida hacia esquemas plenamente sensorizados y automatizados (Kozai, 2019; Aspirilla Pérez, 2020). Operativamente, complementa a sistemas convencionales donde el espacio, clima o inocuidad son restricciones críticas (Beacham, Vickers, Monaghan, 2019). En Argentina, la combinación cercanía-ambiente controlado-uso del volumen vertical permite responder a la demanda de alimentos frescos con menor dependencia de superficies extensas y ciclos estacionales, habilitando además estrategias

de bioseguridad para reducir el uso de plaguicidas y sus consecuencias asociadas. Esta caracterización ordena los apartados tecnológicos y de viabilidad que se detallan a continuación (Mier-Torres, 2023; INTA, 2024; Benke y Tomkins, 2017).

1.2.1 — Principios tecnológicos: hidroponía, aeroponía, control ambiental y automatización

Hidroponía y aeroponía sostienen el cultivo sin suelo: con sustratos inertes (lana de roca, perlita, fibra de coco, arlita) y riegos presurizados; o bien sin sustrato mediante NFT (lámina nutritiva) y DWC (balsa flotante aireada). En aeroponía, las raíces reciben niebla nutritiva por pulsos dentro de una cámara cerrada; en ambos casos la recirculación en circuito cerrado reduce pérdidas por infiltración/evaporación y permite ahorros de agua del 90 a 95 % frente al cultivo en suelo (Touliatos, Dodd, & McAinsh, 2016; Carotti, Houben, & Truffault, 2023). Los parámetros críticos promedio -depende del cultivo- (pH 5,5–6,5; CE; oxígeno disuelto; temperatura de solución $\approx 18\text{--}22$ °C) se gestionan con sensado frecuente, microdosificación y sanitización preventiva para estabilidad operacional.

El apilamiento vertical y la aceleración de ciclos (fotoperíodo y DLI controlados, temperatura y CO₂ estables) habilitan entre 10 y 14 veces más producción por m² en hojas verdes respecto de esquemas horizontales, con registros experimentales cercanos a 13,8× por unidad de área (Barbosa et al., 2015; Carotti et al., 2023; Touliatos et al., 2016; Benke & Tomkins, 2017). En un análisis de ciclo de vida (ACV), la huella de la lechuga en sistemas indoor de clima frío se ubicó entre 0,78–1,18 kg CO₂-eq/kg, confirmando que la intensidad de carbono de la electricidad es el factor decisivo; mediciones operativas en CEA (Controlled Environment Agriculture) reportan

del orden de ~15 kWh/kg en ciertas configuraciones, lo que exige diseño energético cuidadoso (Martin y Molin, 2019; Graamans et al., 2018; Beacham et al., 2019; Casey et al., 2022).

La automatización cierra el lazo sentido - decisión - acción. Redes de sensores (PAR, CO₂, CE, pH, T/HR) alimentan plataformas IoT que gobiernan riego/fertirriego, LED, ventilación, deshumidificación y climatización mediante control reactivo (proporcional/umbrales) o avanzado (lógica difusa, árboles de decisión, control óptimo/predictivo en función de estado del cultivo y costo energético) (Daniels, Fink, Leibold, Wollherr, y Asseng, 2023). Prototipos como “Vertical Farming Monitoring System Using IoT” integran sensores y alertas (Chin, Tan, y Chong, 2017). Capas de inteligencia artificial permiten detección temprana de estrés y diagnóstico de plagas/enfermedades por visión computarizada (Ferentinos, 2017; Rathor et al., 2024), y enfoques anticipatorios ajustan setpoints y pulsos antes de perturbaciones previstas (Azmi, Ahmad, Rashid, y Rahman, 2024). En práctica, el sistema ajusta pH/CE con microdosificación, modula fotoperíodo/PPFD (Densidad de flujo de fotones fotosintéticamente activos) para cumplir el DLI (Integral de Luz Diaria), mantiene VPD (Déficit de Presión de Vapor) estable con ventilación-deshumidificación y reprograma riego/nebulización según estado radicular y clima interno, con trazabilidad y mantenimiento predictivo (Rathor et al., 2024; Azmi et al., 2024).

1.2.2 — Ventajas y desafíos (en clave de integración)

Ventajas para integrar: eficiencia hídrica y nutricional de circuito cerrado, alto rendimiento espacial por apilamiento, bioseguridad (menor presión de plagas/patógenos) y oferta continua

(harvest-to-order) sin dependencia estacional que reduce mermas y volatilidad de precio/volumen (Touliatos et al., 2016; Benke y Tomkins, 2017; Carotti et al., 2023).

Desafíos: El principal es energético: la iluminación y el control del clima concentran gran parte del impacto. La regla práctica es de proximidad más energía limpia. Cuando la electricidad proviene de fuentes renovables y el diseño reduce consumos (buen aislamiento, recuperación de calor, manejo térmico), el desempeño ambiental y económico mejora frente a cadenas largas; con matrices más “carbonizadas”, el beneficio de acortar la logística se diluye (Martin & Molin, 2019; Beacham et al., 2019). Adicionalmente existe la necesidad de contar con personal capacitado en preparar y ajustar la solución nutritiva, monitorear pH y conductividad, cuidar la higiene del sistema y operar sensores y controles no es trivial. La formación continua y roles claros (riego/nutrientes, clima, calidad y postcosecha) reducen mermas, estabilizan la producción y contienen costos. (Casey et al., 2022).

Escalabilidad y costos: La inversión inicial es alta, y los gastos corrientes están dominados principalmente por electricidad y mantenimiento de la estructura. Generar integración a cadenas preexistentes permite aumentar la solidez del sistema, a su vez un punto crítico será generar una correcta dimensión de las granjas ajustados a una demanda real, la sobredimensión puede resultar en costos adicionales tanto de instalación como mantenimiento y reflejarse en los costos operativos, que se trasladará al precio final.

(Agritecture, 2019; Bowery Farming, 2024; Martin, Elnour, y Cabrero-Siñol, 2024).

1.3 — Modelos de integración con la agricultura tradicional

1.3.1 — Granja vertical como complemento: producción estable de hortalizas

Como integración complementaria, la granja vertical se especializa en hojas y brotes —alta perecibilidad, alto valor por kg, ciclos cortos— para asegurar oferta estable todo el año y amortiguar estacionalidad y picos de demanda que tensionan el periurbano y la producción a cielo abierto. Se dividen funciones: voluminosos o de traslado competitivo (raíces, frutales, granos) siguen en esquemas tradicionales/periurbanos, mientras la granja vertical concentra hojas/brotes con ambiente controlado y estandarización de calidad. El diferencial proviene del apilamiento (mayor superficie efectiva por m² de piso) y la aceleración de ciclos (fotoperíodos, DLI, temperatura y CO₂ estables) que permite realizar, por ejemplo, en lechugas ciclos de entre 20 y 30 días dependiendo de la intensidad (Barbosa et al., 2015; Carotti, Houben, y Truffault, 2023).

Desde la logística, la cercanía al consumo habilita el harvest-to-order, acorta estadías en cámara y reduce mermas post cosecha. El análisis de ciclo de vida, arrojó huellas de entre 0,78–1,18 kg CO₂-eq/kg para lechuga en estructuras de granjas verticales. En Suecia identifican LED y climatización como principales contribuyentes y muestran que, con electricidad renovable, el desempeño converge o mejora frente a cadenas convencionales (Martin & Molin, 2019).

Comparativas PFAL (Plant Factory with Artificial Lighting) o invernaderos reportan mejoras de 95 % en eficiencia hídrica en sistemas cerrados, con foco en iluminación optimizada (Graamans et al., 2018). En el AMBA, desplazar una fracción de hojas/brotes a instalaciones intraurbanas/periurbanas captura estos beneficios sin reemplazar a la producción tradicional, sino

complementando el eslabón más logístico más sensible (Benencia y Quaranta, 2019; Carotti et al., 2023).

En la implementación, el esquema se traduce en contratos harvest-to-order con retail/HORECA (hoteles, restaurantes y cafeterías), siembras escalonadas para flujo diario, y co-localización con centros logísticos. La automatización permite estabilizar mediciones y suministros de pH/CE, PPF/DLI, VPD y riego/nebulización para sostener calibre y vida útil; la trazabilidad por lote mejora inocuidad y reduce retiros preventivos. Fortalecer el periurbano con buenas prácticas agrícolas (BPA) y manejo integrado de plagas (MIP) reduce presión de plaguicidas y agroquímicos y alinea ambos subsistemas hacia un abastecimiento resiliente (Vickers, y Monaghan, 2019; Etchevehere, 2021-INTA).

1.3.2 — Ejemplos de articulación con productores tradicionales

(1) “Doble vía” periurbano–vertical para hojas y brotes (just-in-time + MIP/BPA en campo).

La granja vertical sostiene un flujo continuo y estandarizado de hojas/brotes (harvest-to-order), mientras productores del cinturón periurbano se concentran en cultivos voluminosos (cultivos de hoja y tomates) y de traslado competitivo (pimientos y raíces). Coordinación: siembras escalonadas indoor, ventanas de entrega, trazabilidad por lote; a la par, quintas fortalecen BPA y MIP (barreras físicas, monitoreo, rotaciones) para reducir residuos en hortalizas de consumo directo (INTA, 2018; UNLP, 2015; UNL, 2022; Etchevehere, 2021). Para escalar: cuadro de calidades y precios por grado, predicción de demanda semanal con reposición diaria y KPI compartidos (merma, % de devoluciones, tiempo en frío). Cláusulas de sustitución por clima

blindan continuidad sin desplazar explotaciones familiares (Pérez, Giunta, Stafolani, Morcelle, y Arredondo, 2024; Fundación CAUCE & Naturaleza de Derechos, 2024).

(2) Integración en circuitos cortos: ferias/agroecología + módulo vertical para picos y clima.

Ferias agroecológicas, huertas urbanas y venta directa constituyen una base donde un módulo vertical amortigua heladas, olas de calor o picos de plagas, manteniendo provisión de hojas/hierbas/brotos con menor estadía en cámara. Cooperación: calendarios compartidos, protocolos de inocuidad y acciones de educación alimentaria/cocina saludable. Se promueven suscripciones mixtas (indoor+quintas), fondos rotatorios para frío/transporte, compras comunitarias (semillas, sustratos, embalajes) y economía circular (compostaje, recuperación de condensados) (Huertas en la Ciudad; ProHuerta; INTA, 2019; Márquez et al., 2020).

(3) Co-ubicación con nodos existentes (mayoristas/centros de distribución) y servicios compartidos.

Instalar la granja vertical dentro o junto a un mercado mayorista/centro de distribución habilita compartir pre-enfriado, cámaras, packing y despacho, reduciendo mermas por trasbordos y mejorando la última milla. El Mercado Central de Buenos Aires (500+ empresas; >2,2 Mt en 2018) es un caso donde co-ubicar módulos indoor permite pick & pack conjunto, más ventanas de corte (3–6/día) y servicios centralizados (lab pH/CE, verificación de temperatura de pulpa, auditoría BPA/BPM), con pool de pallets/cajones y rutas consolidadas (Mercado Central de Buenos Aires, 2018; García, 2012).

(4) Alianzas para up-skilling y transferencia tecnológica.

La granja vertical como aula-fábrica transfiere métricas y control (pH/CE, PPF/DLI, VPD, trazabilidad) a organizaciones de productores; las quintas aportan material vegetal, manejo varietal y lectura de preferencias de mercado. Con soporte INTA y diagnósticos sectoriales, se prioriza riego presurizado, frío, manejo integrado de plagas y buenas prácticas agrícolas en postcosecha, manuales de limpieza indoor y tableros de indicadores (merma, vida útil, reclamos) (Kirschbaum et al., 2024; INTA, 2023; Etchevehere, 2021-INTA).

(5) Estrategia “reserva de clima” para shocks y continuidad anual.

El binomio campo en conjunto con indoor funciona como seguro operativo: contratos de contingencia fijan mínimos garantizados de hojas desde la unidad vertical para cubrir sequías/olas de calor/disrupciones logísticas, mientras el periurbano ajusta calendarios.

Experiencias de plant factories en Singapur/Japón muestran que proximidad y control ambiental estabilizan la provisión; trasladado a sectores periurbanos, se pactan semanas “rojas” y un precio establecido que activa la reserva indoor solo ante quiebres, evitando canibalización (Beacham, Vickers, y Monaghan, 2019; Mok, Tan, y Ho, 2020; INTA, 2019).

1.3.3 — Sinergias logísticas: cercanía al consumidor y reducción de intermediarios

La cercanía no solo recorta kilómetros y horas de frío: permite rediseñar el flujo productivo hacia cosecha según demanda y reposición de alta frecuencia, con menor inventario en tránsito y menos tiempo en cámara. En hojas, brotes y hierbas esto se traduce en menos mermas, mayor vida útil residual y mejor rotación, reduciendo rupturas de stock por factores exógenos o productivos. Los análisis de ciclo de vida subrayan que el tramo logístico pesa sobre la huella de

los frescos generando un incremento en las mermas post cosecha y que el beneficio de acercar producción se potencia si la granja opera con electricidad de baja huella, ya que LED y climatización son los mayores contribuyentes a la producción de ambiente controlado. Permite capturar eficiencias en calidad (frescura), costo (menos manejo intermedio) y emisiones (Beacham, Vickers, y Monaghan, 2019).

Reducir intermediarios mediante circuitos cortos agrega otra palanca: menos nodos implican menos trasbordos y manipulación, con impacto positivo en mermas y en costos logísticos. Formatos de venta directa y suscripción (ferias agroecológicas del AMBA, farmers' markets, AMAP) mejoran previsibilidad de ingresos del productor y pueden trasladar ahorros logísticos a precios más accesibles sin sacrificar trazabilidad; además, la proximidad incide en salud pública al mejorar acceso a frescos en barrios con oferta limitada (WHO, 2020). Este tipo de organización facilita estándares comunes (calidad, inocuidad, frecuencia) y coordinación de calendarios entre unidades urbanas y periurbanas, estabilizando el abastecimiento y reforzando la confianza del consumidor.

Finalmente, integrar producción cercana con nodos existentes (mayoristas/centros de distribución) posibilita servicios compartidos —pre-cooling, cámaras, packing, pick & pack— y consolidación de pedidos mixtos con menor manipulación. Esto permite aumento en ventas diarias, estandarización de procesos (pH/CE de agua de proceso) en el propio nodo, elevando estándares y reduciendo mermas. Combinado con economía circular (compostaje de descartes, recuperación de condensados para riego), el tramo logístico se vuelve más eficiente y resiliente,

con efectos positivos sobre equidad alimentaria, nutrición y ODS 2/11/12 (Stoknes et al., 2016; Márquez et al., 2020; UN, 2015).

Capítulo 2. Dependencia de factores climáticos y logísticos en la producción hortícola tradicional

2.1 Dependencia climática en sistemas a cielo abierto

2.1.1. Exposición a la variabilidad climática

La producción hortícola argentina mantiene una marcada dependencia de los factores climáticos, debido a que la mayor parte de los cultivos se desarrolla a cielo abierto, con escasa infraestructura de protección frente a eventos meteorológicos extremos. Esta característica genera una elevada vulnerabilidad ante fenómenos como sequías, heladas, lluvias intensas y olas de calor, cuya frecuencia e intensidad han aumentado en las últimas décadas como consecuencia directa del cambio climático (IPCC, 2023).

En regiones clave como el Cinturón Hortícola Platense responsable de gran parte del abastecimiento de hortalizas del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), los efectos del cambio climático son determinantes para la estabilidad productiva. Según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2024), las pérdidas promedio por causas meteorológicas en hortalizas de hoja pueden alcanzar el 25 % anual, mientras que en cultivos más sensibles como tomate o pimiento los daños pueden superar el 40 % de la producción comercializable. Este nivel de exposición no solo impacta la rentabilidad económica, sino que también incrementa el consumo de agua, energía y agroquímicos, elevando la presión ambiental del sistema. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2023) reportó que entre 2008 y 2023 el centro y norte del país atravesaron nueve años con déficit hídrico y cinco con olas de calor prolongadas, condiciones que afectaron de forma directa la oferta de hortalizas frescas. Estas variaciones, asociadas a la intensificación del cambio climático, modifican los calendarios de siembra y cosecha, que afectan al sabor, aroma y textura de los productos y aumentan las tasas de desperdicio alimentario, con su correspondiente carga de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas del manejo y disposición de residuos orgánicos (FAO, 2022).

En regiones del Noroeste Argentino (NOA) y Cuyo, la situación es especialmente crítica, la sobreexplotación de acuíferos y la reducción del caudal de ríos afectan la sostenibilidad de los ecosistemas locales y ponen en riesgo la continuidad de la actividad hortícola a mediano plazo. Allí, la horticultura depende de reservas hídricas superficiales o subterráneas, cuya disponibilidad se ve comprometida durante las sequías prolongadas. La competencia por el agua entre los sectores agrícola, urbano e industrial agrava los conflictos socioambientales, especialmente en provincias como Mendoza, San Juan y La Rioja (INTA, 2023).

Asimismo, los fenómenos de heladas tempranas o tardías constituyen una amenaza recurrente. En el Gran La Plata, una helada en septiembre puede destruir cultivos de tomate o pimiento, retrasando la oferta, generando pérdidas económicas, aumento en los precios a consumidores por falta de oferta y costos adicionales asociados a la replantación y uso de calefacción artificial (MAGyP, 2023). En el norte del país, las lluvias torrenciales y las inundaciones recurrentes provocan erosión, pérdida de suelo fértil y sedimentación de cauces de agua, afectando a la productividad agrícola y funcionalidad de los ecosistemas mediante la degradación de hábitats, y reducción en la biodiversidad. En conjunto, estos procesos comprometen a la resiliencia del territorio frente a la variabilidad y el cambio climático.

Por último, el clima no solo afecta la cantidad producida, sino también la calidad comercial. La exposición a radiación solar intensa o a humedad excesiva puede provocar deformaciones, daños foliares y podredumbres, reduciendo la vida útil y aumentando el desperdicio de alimentos. En este sentido, la horticultura tradicional se enfrenta a una doble carga: la pérdida económica y el impacto ambiental derivado de una producción ineficiente y ambientalmente intensiva.

Frente a esta dependencia climática, la hidroponía y aeroponía surgen como una alternativa que reduce drásticamente la exposición a estos factores meteorológicos mencionados. Al

desarrollarse en entornos controlados, ya sean invernaderos o sistemas verticales, la producción hidropónica permite adaptar la producción a condiciones estables de temperatura, humedad y nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos, eliminando la incidencia directa de heladas, sequías o lluvias intensas. Además, su capacidad para operar durante todo el año genera una oferta continua e independiente a la estacionalidad de los cultivos, estabilizando la oferta de cultivos y promoviendo seguridad alimentaria. En términos de eficiencia hídrica, la hidroponía utiliza entre un aproximadamente 90 % menos agua que los sistemas a cielo abierto, debido a su característica de sistema cerrado el cual hace recircular el agua con nutrientes constantemente dentro del sistema. Así, este modelo no solo minimiza los riesgos climáticos, sino que también promueve una gestión más responsable del uso de agua fundamental para aquellas zonas productivas con ecosistemas áridos.

2.1.2. Costos de adaptación y sostenibilidad

La creciente variabilidad climática ha impulsado la adopción de estrategias de adaptación como el riego presurizado, las mallas antiheladas, los túneles plásticos y la diversificación de cultivos. Sin embargo, estas medidas implican altos costos económicos, energéticos y ambientales. En zonas semiáridas, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP, 2023) estimó que el costo energético del riego puede representar hasta el 18 % del gasto operativo total, incrementando la huella de carbono del sistema productivo. Si bien el riego tecnificado mejora la eficiencia en el uso del agua, requiere inversión inicial y mantenimiento continuo, los productores con menor acceso al crédito o tecnología continúan empleando riego por surcos, con pérdidas superiores al 40 % del recurso hídrico (INTA, 2024). Esta brecha tecnológica genera desigualdades productivas y ambientales, ya que los sistemas menos eficientes tienden a sobreexplotar los recursos naturales y contribuir más a la degradación del suelo.

A largo plazo, la dependencia de agroquímicos para contrarrestar los efectos del estrés climático contribuye a la degradación de los suelos hortícolas, especialmente en zonas periurbanas. Investigaciones recientes (Sasal, 2021) advierten sobre la pérdida de materia orgánica, la compactación y la erosión, procesos que reducen la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes. Esto genera una dependencia circular: a medida que los suelos se degradan, aumenta la necesidad de insumos externos, reduciendo la sostenibilidad económica y ecológica del sistema.

La adaptación al cambio climático, por tanto, requiere ser entendida no sólo como un desafío tecnológico o económico, sino como una cuestión de gestión ambiental integral. Sin un enfoque sistémico que contemple la conservación de los recursos naturales, la adaptación termina reforzando los mismos patrones de viciosos que intenta corregir. En este sentido, la integración de granjas verticales al sistema hortícola ofrece una vía de adaptación más eficiente y ambientalmente sostenible. Al prescindir del suelo, elimina los problemas de degradación, erosión o salinización, y reduce drásticamente el uso de agroquímicos, ya que los nutrientes se dosifican con precisión en el agua y los requerimientos específicos de los cultivos. Además, la posibilidad del control ambiental disminuye la necesidad de improvisar estrategias de cuidado de cultivos sobre cielo abierto, que trae costos adicionales al productor y no garantiza la disminución de mermas en los cultivos. Aunque su inversión inicial es mayor, los costos operativos pueden ser más estables y predecibles, lo que fortalece la resiliencia económica del productor frente a los eventos climáticos. En consecuencia, estos sistemas productivos no solo representan una innovación tecnológica, sino una estrategia integral de adaptación sostenible.

2.2. Dependencia logística en la cadena hortícola tradicional

2.2.1. Distancia y estructura de distribución

La dimensión logística constituye otro eje crítico de la vulnerabilidad ambiental del sistema hortícola argentino. La concentración productiva en pocos polos —el Cinturón Hortícola Platense, los oasis de Cuyo, el Valle de Río Negro y las regiones del NOA— implica recorrer distancias de entre 300 y 1.000 km hasta los principales centros de consumo. Este modelo de transporte intensivo en combustibles fósiles genera una elevada huella de carbono y un consumo energético creciente (INTA, 2023).

El Mercado Central de Buenos Aires concentra entre el 60 % y el 70 % del comercio hortícola nacional (MCBA, 2018), lo que evidencia una estructura logística dependiente del transporte carretero. La falta de alternativas ferroviarias o multimodales agrava el impacto ambiental: cada tonelada de hortalizas transportada hacia el AMBA emite en promedio entre 0,6 y 0,8 kg de CO₂ equivalente por kilogramo de producto, lo que equivale a más de 250.000 toneladas de CO₂ por año (MAGyP, 2023). Este esquema, además, presenta grandes pérdidas postcosecha, el SENASA (2024) estima que entre el 20 % y el 30 % de los productos frescos se deterioran durante el transporte y almacenamiento debido a deficiencias en la refrigeración, embalaje o demoras logísticas. Dichas pérdidas no solo implican un desperdicio alimentario considerable, sino también un gasto innecesario energético y de emisiones incorporadas en cada kilogramo producido.

El impacto ambiental del sistema logístico se amplifica al considerar la falta de eficiencia en la cadena de frío. La refrigeración discontinua, sumada a un parque automotor envejecido y con escaso mantenimiento, genera un uso excesivo de combustible y emisiones de gases

contaminantes locales como óxidos de nitrógeno (NO_x) y material particulado (PM10 y PM2.5). La contaminación del aire en los accesos urbanos constituye, por tanto, una externalidad ambiental directa del sistema de abastecimiento alimentario tradicional (INTA, 2023). La distancia entre producción y consumo no solo incrementa la huella de carbono del alimento, sino que reduce su calidad y vida útil de los productos, afectando la seguridad alimentaria. En contraste, los modelos de producción de proximidad como la hidroponía urbana o las granjas verticales reducen en gran medida los kilómetros de transporte y las emisiones asociadas, proponiendo una alternativa ambientalmente más eficiente.

La hidroponía y aeroponía -sistemas CEA-, especialmente en su modalidad urbana o periurbana, se presenta como una solución directa a las ineficiencias logísticas del sistema tradicional. Al permitir la instalación de unidades productivas dentro o cerca de los centros de consumo y las emisiones derivadas del transporte. Además, la proximidad acorta los tiempos entre cosecha y consumo, mejorando la calidad y frescura del producto que se ofrece a los consumidores. La descentralización productiva que permite la hidroponía genera también resiliencia territorial, evitando la concentración en pocos polos y disminuyendo la vulnerabilidad del abastecimiento frente a interrupciones climáticas o logísticas.

2.2.2. Ineficiencias logísticas y desigualdad territorial

Las ineficiencias logísticas impactan de manera simultánea en la sostenibilidad económica, social y ambiental del sistema hortícola. En lo económico, los elevados costos de transporte reducen la rentabilidad del productor y aumentan los precios al consumidor. En lo social, se amplían las desigualdades territoriales: las regiones más alejadas, como la Patagonia, pagan hasta

un 35 % más por hortalizas frescas (INTA, 2023). Y en lo ambiental, las emisiones derivadas del transporte y la refrigeración intensiva contribuyen significativamente al cambio climático.

El sistema actual depende casi por completo del transporte por camión, altamente vulnerable a los precios del combustible y a eventos climáticos extremos. Las interrupciones por inundaciones, nevadas o conflictos gremiales pueden generar desabastecimiento temporal, incrementando tanto el desperdicio como las emisiones por productos que se deterioran antes de llegar al mercado (FAO, 2022) así como los precios dependientes de la oferta disponible de productos. Las deficiencias en la infraestructura de almacenamiento en frío también representan un problema ambiental. En el Mercado Central, el consumo eléctrico de las cámaras frigoríficas representa hasta el 20% de los costos operativos (Kirschbaum et al., 2024). En muchos casos, la falta de aislamiento térmico y de tecnologías eficientes provoca un desperdicio energético considerable, elevando la huella de carbono del almacenamiento. De esta manera, el sistema hortícola tradicional exhibe una triple ineficiencia: económica, por sus altos costos logísticos; social, por la desigualdad territorial en precios y calidad; y ambiental, por las emisiones y pérdidas asociadas a la cadena de transporte y conservación. Esta estructura se vuelve cada vez menos compatible con los objetivos contemporáneos de sostenibilidad, eficiencia energética y seguridad alimentaria.

Las granjas verticales pueden contribuir significativamente a revertir estas ineficiencias. Al descentralizar la producción y acercarla a las ciudades, permite un modelo de distribución más corto, económico y equitativo. Esto favorece el acceso a alimentos frescos a precios estables, incluso en regiones alejadas o con limitaciones logísticas. Asimismo, la producción sin suelo en entornos controlados reduce la necesidad de cámaras frigoríficas extensas, ya que los productos

se cosechan y distribuyen de forma inmediata. De esta manera, los sistemas productivos de esta investigación no solo reducen las emisiones del transporte y la refrigeración, sino que promueve una mayor justicia territorial y alimentaria.

2.3. Interacción entre clima y logística: vulnerabilidad ambiental y alimentaria

La interacción entre factores climáticos y logísticos agrava las debilidades estructurales del sistema hortícola argentino. Los eventos meteorológicos extremos no solo reducen la producción, sino que también interrumpen el transporte, el almacenamiento y la distribución, generando disrupciones simultáneas que amplifican las pérdidas y las emisiones. Las lluvias que anegan caminos rurales, las olas de calor que deterioran los productos durante el traslado y las nevadas que interrumpen rutas en Cuyo o la Patagonia son ejemplos de una interdependencia crítica. El resultado: un sistema con alta huella ambiental y baja resiliencia frente a factores exógenos a la producción. Según el MAGyP (2023), durante la sequía de 2022–2023, el precio del tomate aumentó más del 120 % en tres meses, acompañado de un incremento sustancial en el uso de energía para refrigeración y transporte, lo que demuestra la correlación entre crisis climática, ineficiencia logística y presión ambiental.

El indicador de “km-alimento” (food miles) ilustra esta problemática: en Argentina, las hortalizas frescas recorren en promedio más de 600 km por kilogramo producido, mientras que en sistemas urbanos controlados o verticales este valor puede reducirse a menos de 50 km (INTA, 2023). Este contraste refleja el potencial ambiental de los modelos de producción local para reducir emisiones, consumo energético y desperdicio. La vulnerabilidad ambiental del sistema hortícola argentino, por tanto, no se explica sólo por los fenómenos climáticos, sino también por la dependencia de un modelo logístico ineficiente. Sin infraestructura adaptativa

como centros de acopio intermedios, transporte refrigerado eficiente o monitoreo climático integrado, el sistema carece de resiliencia ante perturbaciones externas.

En este punto, la incorporación de estos sistemas a la cadena productiva tradicional de hortalizas representa una herramienta estratégica para superar simultáneamente las limitaciones climáticas y logísticas. Su carácter independiente del clima y su proximidad al consumo reducen la exposición a fenómenos meteorológicos y la dependencia del transporte de larga distancia. Además, la producción continua y programable permite estabilizar la oferta, evitando picos de precios asociados a shocks climáticos o de transporte. Aportando resiliencia al sistema alimentario al integrar control ambiental, eficiencia hídrica y logística de corta distancia, consolidándose como una alternativa sostenible frente a la vulnerabilidad estructural del modelo hortícola argentino actual.

2.4. Indicadores y datos relevantes

2.4.1. Pérdidas postcosecha (%) según FAO y SENASA

De acuerdo con la FAO (2022) y el SENASA (2024), las pérdidas postcosecha en hortalizas frescas en Argentina oscilan entre el 20 % y el 30 %, dependiendo del tipo de cultivo y la época del año. Estas pérdidas se concentran principalmente durante el transporte desde el punto de producción y almacenamiento en nodos intermedios, consecuencia de deficiencias en la cadena de frío, embalaje inadecuado, demoras logísticas y manejo de cosechas.

En los sistemas de producción alternativa planteados a lo largo de esta investigación (capítulo 1), este porcentaje puede reducirse a menos del 10 %, gracias a la proximidad entre producción y consumo y a la posibilidad de cosechar bajo demanda. Esto mejora la eficiencia del sistema

alimentario y disminuye la cantidad de residuos orgánicos y emisiones asociadas al desperdicio de alimentos.

2.4.2. Desvío de precios por estacionalidad

En los mercados tradicionales, el precio de las hortalizas puede variar hasta un 120 % entre estaciones, especialmente en productos sensibles como el tomate, el pimiento o verduras de hoja (MAGyP, 2023). Estas fluctuaciones responden a las variaciones climáticas, la oferta limitada, estacionalidad de los productos y los costos logísticos variables. En contraste, la hidroponía permite mantener una producción continua y estable durante todo el año, reduciendo las fluctuaciones estacionales de precios y garantizando un suministro constante. Esto favorece tanto al productor, que estabiliza sus ingresos, como al consumidor, que accede a precios más previsibles y productos frescos en cualquier época del año.

2.4.3. Mapas de abastecimiento y km-alimento

Los mapas de abastecimiento elaborados por el INTA (2023) indican que las hortalizas argentinas recorren en promedio más de 600 km desde el punto de producción hasta el consumo final. Este valor, conocido como “km-alimento”, refleja el alto impacto ambiental del sistema logístico.

Los sistemas urbanos o de proximidad pueden reducir esa distancia estableciéndose en cercanía a los centros de consumo, disminuyendo de forma sustancial las emisiones de CO₂ asociadas al transporte. Además, al integrarse en redes de producción local, estos sistemas fortalecen la seguridad alimentaria y reducen la dependencia de combustibles fósiles y rutas de distribución vulnerables.

Capítulo 3: Resiliencia y Seguridad Alimentaria Urbana: El Aporte de la Producción Integrada

3.1. Fundamentos Conceptuales de la Resiliencia Alimentaria

3.1.1 El Concepto de Resiliencia en el Sistema Alimentario

En el contexto del presente estudio, la resiliencia alimentaria se define operacionalmente como la capacidad del sistema hortícola integrado -comprendiendo a la agricultura tradicional y a la agricultura vertical- para sostener una oferta estable, accesible y de calidad de alimentos frente a perturbaciones climáticas, logísticas u otros imprevistos. Esto nos permite poner énfasis en la estabilidad del suministro y en la calidad alimentaria urbana, elementos cruciales de la seguridad alimentaria metropolitana.

El concepto de resiliencia aplicado a los sistemas alimentarios ha sido desarrollado y enriquecido por varias organizaciones y autores relevantes. Por ejemplo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define resiliencia como la "capacidad de anticipar, absorber, adaptarse y recuperarse de las perturbaciones que afectan la seguridad alimentaria y la nutrición" (FAO, 2025). Adicionalmente, Tendell et al. (2015) describe a la resiliencia como un proceso dinámico que implica tanto a la resistencia ante shocks como a la capacidad de aprendizaje y transformación estructural del sistema.

Se identifican tres tipos principales de resiliencia con especial relevancia para sistemas hortícolas urbanos:

- Resiliencia Productiva: refiere a la estabilidad en la producción en cuanto a la calidad y cantidad de los alimentos ante factores climáticos. Las granjas verticales contribuyen a desacoplar la producción de las condiciones atmosféricas.
- Resiliencia Logística: relacionada con la capacidad de mantener la cadena de suministro y distribución sin interrupciones, donde la proximidad de la producción vertical reduce notablemente esta vulnerabilidad.

- Resiliencia Socioeconómica: que abarca la capacidad de la comunidad urbana para acceder y utilizar alimentos nutritivos de forma continua y equitativa.

3.1.2 Relación entre Resiliencia, Sostenibilidad y Adaptabilidad

Actualmente el cambio climático genera una creciente vulnerabilidad ambiental a los sistemas tradicionales, la resiliencia alimentaria constituye un pilar fundamental para alcanzar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas urbanos de producción y consumo urbano. Por su lado la sostenibilidad implica el mantenimiento equilibrado y duradero de los recursos naturales, económicos y sociales que sustentan el sistema alimentario, mientras que la adaptabilidad representa la capacidad del sistema para modificar su estructura, funcionamiento o métodos ante nuevos desafíos. Este motivo es el cual la resiliencia y la adaptabilidad son componentes sinérgicos que fortalecen la sostenibilidad. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2024), los sistemas alimentarios resilientes no solo recuperan su funcionalidad tras impactos adversos, sino que también innovan y evolucionan para prevenir vulnerabilidades futuras. La FAO (2025) destaca que la integración de tecnologías innovadoras, como las granjas verticales, puede potenciar estos mecanismos, contribuyendo a la reducción de la dependencia de factores externos tales como los mencionados en esta investigación como a la disminución de la huella ambiental.

La resiliencia en los sistemas alimentarios urbanos representa una capacidad esencial que permite mantener la seguridad alimentaria y sus valores nutricionales en condiciones adversas, apoyando la sostenibilidad ambiental, económica y social a través de procesos adaptativos y

transformativos, particularmente relevantes en la agricultura integrada que combina métodos tradicionales con tecnologías emergentes.

3.2. Dimensiones de la Seguridad Alimentaria Urbana

La seguridad alimentaria históricamente se la define como la situación en la cual todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico, social y económico a alimentos inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas y preferencias alimentarias para una vida sana y activa (FAO, 1996). Este concepto integral tradicional considera cuatro dimensiones fundamentales que permiten evaluar y garantizar la seguridad alimentaria a nivel urbano: disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad.

3.2.1. Disponibilidad y Estabilidad de la Oferta

Por un lado, la dimensión de disponibilidad se refiere a la presencia física de alimentos suficientes y adecuados para satisfacer la demanda de una población en un espacio y tiempo determinado. En contextos urbanos, esta dimensión implica garantizar la oferta continua y estable de productos hortícolas frescos, ya sea mediante producción local o mediante importación eficiente.

La estabilidad, por su parte, asegura que la disponibilidad y el acceso a los alimentos no sean interrumpidos por eventos adversos, tales como condiciones climáticas extremas, crisis logísticas o económicas. De esta forma, la estabilidad complementa a la disponibilidad, expresados con indicadores, como la continuidad de la oferta durante la mayoría de las semanas del año y la capacidad de mantener el suministro ante crisis que afectan la producción e incluso el transporte.

3.2.2. Acceso y Utilización

La dimensión de acceso refiere a la capacidad de los consumidores para obtener alimentos disponibles, abarcando la dimensión económica, es decir precios accesibles, y la dimensión

física, como la proximidad y los medios para adquisición. En el contexto urbano, indicadores relevantes incluyen el índice de volatilidad de los precios minoristas, que refleja la estabilidad económica de los alimentos para los consumidores, y la equidad en el acceso.

Por otro lado, la utilización se orienta a la calidad nutricional y sanitaria de los alimentos consumidos. Esto comprende la frescura, el valor nutricional y la inocuidad, es decir, la ausencia de contaminantes que puedan poner en riesgo la salud.

3.2.3. Las dimensiones ampliadas: Sostenibilidad y Agencia.

No obstante, en línea con los desafíos de la Agenda 2030, organismos como el Grupo de Alto Nivel de Expertos (HLPE) de la FAO han evolucionado el marco conceptual (HLPE, 2020), sugiriendo la inclusión de dos dimensiones críticas para la transformación del sistema: la sostenibilidad y la agencia. El primero implica que el sistema no debe comprometer las bases ambientales, económicas y sociales futuras; mientras que el segundo, también conocido como la capacidad de acción, se refiere a la capacidad de los individuos, hogares y comunidades para tomar decisiones autónomas sobre qué, cómo y dónde producir y consumir alimentos.

3.3 Contribución de las granjas verticales a la resiliencia urbana.

Las granjas verticales representan una innovación tecnológica clave para la transformación de los sistemas alimentarios urbanos. Su complementación con el sistema tradicional fortalece la variable dependiente principal de este estudio, que es la resiliencia del sistema hortícola urbano. La adopción de estas tecnologías emergentes en el marco urbano constituye una respuesta de adaptabilidad frente a la vulnerabilidad del sistema tradicional. Este tipo de tecnologías mejoran significativamente la resiliencia de las ciudades ante eventos inesperados externos que suceden en el abastecimiento, como se evidencio en crisis logísticas globales recientes (Despommier, 2011; Benke y Tomkins, 2017). Para ello, se analizarán aquí tres aportes fundamentales:

estabilidad productiva e independencia climática, fortalecimiento logístico y trazabilidad, y mejora en la calidad alimentaria a través de la utilización.

3.3.1 Estabilidad Productiva e Independencia Climática

La resiliencia productiva de las granjas verticales se fundamenta en el control del ambiente (CEA), una ventaja que permite el manejo de la iluminación LED, temperatura, humedad y dosificación precisa de los nutrientes, eliminando la dependencia de factores climáticos externos y dando la posibilidad a contar con una producción continua durante todo el año (Despommier, 2011). En contraste con la agricultura tradicional, que está expuesta a variaciones estacionales, sequías, heladas e inundaciones, estos sistemas tecnológicos aseguran una producción estable y predecible, lo que refuerza la resiliencia del sistema alimentario urbano frente a eventos extremos relacionados con el cambio climático (Gunapala et al., 2025; Kobayashi et al., 2022). Este sistema cerrado reduce considerablemente los riesgos asociados con imprevistos climáticos y plagas, dado que el ambiente controlado es menos susceptible a enfermedades y a la contaminación ambiental. Por ejemplo, en la ciudad de París, la empresa Jungle ha implementado cultivos hidropónicos en ambientes protegidos que consumen hasta un 95% menos agua y evitan el uso de pesticidas, garantizando una producción segura y sin tener que sacrificar calidad (New Scientist, 2022; Jungle Farms, 2021).

Además, las innovaciones tecnológicas están haciendo que los costos operativos sean cada vez más competitivos, incrementando la viabilidad de estas incluso en economías urbanas complejas. Por ejemplo, la agricultura vertical modular y basada en contenedores es capaz de adaptarse a cualquier clima y ubicación, permitiendo una producción local y descentralizada que desafía limitaciones tradicionales (Zaręba et al., 2021).

Todo considerado, la independencia climática y la estabilidad productiva representan un avance estratégico para la seguridad alimentaria urbana, ya que permiten asegurar una producción constante y de alta calidad, vital para sostener el bienestar de las poblaciones crecientes en centros urbanos y en un mundo marcado por la incertidumbre climática.

3.3.2 Fortalecimiento Logístico y Trazabilidad

El fortalecimiento significativo que aportan las granjas verticales en la logística alimentaria de los centros urbanos viene dado gracias a su ubicación cercana a estos centros de consumo, conocido como el modelo de producción near-site. Esta cercanía reduce las distancias y tiempos de transporte, lo que disminuye notablemente las pérdidas post cosechas y los costos asociados a la distribución (Despommier, 2011; Rogers, 2024). Considerando que el entorno urbano es altamente dinámico, la reducción de estas pérdidas es fundamental para asegurar una oferta continua y fresca a los consumidores.

Por su lado, la operación en ambientes controlados facilita una trazabilidad minuciosa de los productos, desde la siembra hasta el consumo, fortaleciendo así la inocuidad alimentaria (Sowmya et al., 2024). Al implementarse sistemas tecnológicos avanzados de monitoreo para todas las etapas del proceso productivo, se garantiza que los alimentos se encuentren libres de contaminantes y que cumplan con los altos estándares de calidad sanitaria. Además, esta trazabilidad, contribuye a anticipar y mitigar posibles deficiencias en la cadena de suministro. No obstante, la logística interna de las granjas verticales puede tornarse un poco compleja. Esto se debe a que estas instalaciones manejan operaciones que van desde la producción hasta la distribución local, requiriendo de procesos eficientes y coordinados para sostener la rentabilidad y la calidad (Despommier, 2011; Produciendo Conservando, 2023).

Existen ejemplos en ciudades como Madrid y Barcelona, donde iniciativas públicas y privadas han incorporado la agricultura vertical como un componente del desarrollo urbano sostenible, potenciando cadenas cortas de suministro y mejorando la seguridad alimentaria local (Plataforma Tierra, 2025). Por otro lado, en Costa Rica, la inauguración de una granja vertical que combina tecnologías digitales y agricultura urbana, demuestra la creciente tendencia global por optimizar la producción local y la distribución eficiente (IICA, 2025).

3.3.3 Enfoque en la utilización (Calidad alimentaria).

La optimización de la frescura y el valor nutricional de los productos contribuyen de manera significativa a que se perfeccione la calidad alimentaria. Ese perfeccionamiento viene dado por la producción de alimentos con proximidad directa a los centros de consumo urbanos y por el control riguroso del ambiente, reduciendo sustancialmente el tiempo transcurrido desde la cosecha hasta el consumo. Esto tiene un impacto directo en la conservación de nutrientes esenciales y en la frescura percibida por el consumidor (Despommier, 2011; Atlas Scientific, 2024).

Los sistemas hidropónicos y aeropónicos, predominantes en la agricultura vertical, permiten un suministro equilibrado y preciso de nutrientes, favoreciendo cultivos con un perfil nutricional superior en comparación con los métodos tradicionales (Al-Kodmany, 2018). Además, la ausencia del uso del suelo reduce la contaminación por patógenos o pesticidas, aumentando la inocuidad de los productos (ATTRA, 2024). Estudios recientes demuestran que los vegetales cultivados bajo estas condiciones pueden contener niveles más altos de antioxidantes y vitaminas que los producidos convencionalmente (Erekath et al., 2024).

Esta mejora en la calidad también está asociada con la reducción de pérdidas alimentarias y desperdicios, gracias a la producción cercana al consumidor que implica que los alimentos llegan

en óptimas condiciones, evitando deterioros por las largas distancias de transporte (Freight Farms, 2024).

3.4 Desafíos y Límites para la Integración al Sistema Hortícola

A pesar del gran potencial que las granjas verticales ofrecen para fortalecer la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas hortícolas urbanos, su adopción y escalamiento no están exentos de desafíos significativos. La innovación tecnológica detrás de estas instalaciones requiere una infraestructura compleja y un alto nivel de especialización técnica, aspectos que elevan los costos y el consumo energético del sistema.

A su vez, los retos no solo son técnicos o económicos, sino también socioeconómicos debido a la escalabilidad y la inclusión social. Estos representan obstáculos que deben ser abordados para evitar que sus beneficios se limiten a grupos socioeconómicos altos y no se extiendan equitativamente a toda la ciudad. La integración plena de las granjas verticales en el sistema hortícola urbano implica, por ende, un enfoque multidimensional que combine innovación tecnológica, sostenibilidad ambiental, viabilidad económica y equidad social.

3.4.1 Limitaciones técnicas y económicas

Uno de los principales desafíos técnicos y económicos que se enfrentan las granjas verticales es su alto consumo energético. La dependencia intensiva de iluminación artificial, especialmente luces LED de espectro optimizado, junto con la necesidad de controlar temperatura, humedad y ventilación, provoca que el gasto eléctrico sea significativamente mayor que en la agricultura tradicional (Despommier, 2011; Miilkiigrow, 2024). Estudios recientes indican que la iluminación puede representar más del 50% del consumo total, mientras los sistemas de climatización pueden sumar hasta un 30% adicional del gasto energético total (Yoigo Luz y Gas, 2025). Este factor no solo impacta los costos operativos, sino también la sostenibilidad ambiental

si no se integran fuentes renovables, como paneles solares o eólicos, y sistemas de almacenamiento energético con baterías de litio.

Además, la automatización y el uso de inteligencia artificial para ajustar en tiempo real las condiciones ambientales contribuyen a optimizar el consumo y reducir desperdicios de energía (Gunapala et al., 2025). Sin embargo, estas tecnologías incrementan la inversión inicial, que es considerablemente alta debido a la necesidad de infraestructura avanzada y equipos especializados (Montel, 2025). Esta alta inversión inicial puede limitar el acceso a estas tecnologías para productores pequeños y medianos, quedando la producción vertical completa, es decir, con todas las tecnologías aplicables, generalmente en manos de grandes empresas o proyectos con apoyo gubernamental o inversionistas privados. Si se logra superar esta barrera económica, se podrá democratizar la agricultura vertical y ampliar su impacto en la seguridad alimentaria urbana (Avisomo, 2025).

3.4.2 Desafíos Socioeconómicos

Por otro lado, la escalabilidad aparece como un obstáculo crucial, ya que expandir operaciones de agricultura vertical para alcanzar volúmenes de producción significativos exige un aumento proporcional en infraestructura, consumo energético y gestión operativa, lo cual puede comprometer la rentabilidad y la eficiencia del sistema (Miilkiigrow, 2024; Gunapala et al., 2025). Esta limitación dificulta competir con la producción convencional a gran escala, afectando la capacidad para abastecer mercados amplios y diversos a precios razonables.

Otro desafío relevante es la inclusión social. Actualmente, los beneficios de las granjas verticales tienden a concentrarse en sectores urbanos con mayores recursos y acceso a productos premium, lo que puede profundizar desigualdades alimentarias si no se desarrollan políticas específicas para asegurar el acceso equitativo (Despommier, 2011; Plataforma Tierra, 2025). Resulta

necesario fomentar modelos participativos que incluyan la capacitación, la inversión comunitaria y la generación de empleos accesibles para distintos estratos sociales. Por eso, superar estos desafíos requiere no solo innovación tecnológica, sino también la implementación de estrategias integrales que combinen sostenibilidad, economía inclusiva y políticas públicas orientadas a la equidad social.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Fundamentación metodológica

En el presente trabajo de investigación fue abordado bajo un paradigma mixto con predominio cualitativo, orientado a comprender las percepciones y experiencias de actores claves del sistema hortícola y, en paralelo, a describir patrones observables mediante medidas simples respecto a la integración de granjas verticales en centros urbanos y periurbanos. El estudio busca contrastar la hipótesis que guía el proyecto (“las granjas verticales se integran a la agricultura tradicional disminuyendo la dependencia de factores climáticos y logísticos en la producción hortícola”) y responder sus preguntas y objetivos específicos sobre control ambiental, proximidad y reducción de mermas/tiempos en cadenas largas, definidos en el documento base.

El tipo de investigación es descriptivo–explicativo: describe propiedades y relaciones entre variables operativas del sistema hortícola (dependencia climática, logística, mermas postcosecha, km-alimento, continuidad de oferta) e indaga, de manera explicativa, mecanismos de mitigación asociados a la producción de proximidad en ambiente controlado. La elección metodológica es pertinente porque, ante integraciones todavía emergentes en Argentina, es necesario enlazar fundamentos técnicos con evidencia logística y de calidad percibida.

En cuanto al diseño, se opta por un diseño no experimental y transversal. No se manipulan variables ni se controlan condiciones externas, sino que se observa y analiza el fenómeno en su contexto real: cadenas de suministro mayormente largas, con altos “km-alimento” (≈ 600 km) y vulnerabilidad logística, frente a alternativas de proximidad (< 50 km) que el documento identifica como potenciales mitigadores de emisiones, mermas y discontinuidades. En ese marco,

la hidroponía ofrece una ventaja específica frente a la variabilidad climática: al operar en ambiente controlado (temperatura, humedad, radiación y solución nutritiva), desacopla la producción de eventos meteorológicos extremos (heladas, olas de calor, lluvias intensas), reduce la estacionalidad y estabiliza rendimientos y calidad, habilitando ventanas de cosecha más predecibles y una logística más eficiente.

Trabajo de campo

Para abordar los objetivos del estudio, se eligieron instrumentos para la recolección de datos acordes al enfoque y diseño de la investigación. Se optó por realizar entrevistas a expertos en la materia, con el fin de comprender y recopilar información primaria las ventajas reales que posee este tipo de producción frente a los métodos tradicionales y sus limitaciones; encuestas a comerciantes quienes obtienen productos de fuentes tradicionales (principalmente el Mercado Central de Buenos Aires) buscando caracterizar las problemáticas que estos encuentran frente a las variables productivas incontrolables, y el análisis de casos de éxito situados en la república Argentina para contextualizar la posibilidad de integración de los métodos alternativos planteados durante el desarrollo de esta investigación.

Entrevistas a expertos.

Se llevaron a cabo tres entrevistas a expertos entre el 27 de octubre y 15 de noviembre de 2025. Mediante videollamadas de Google Meet. Cada entrevista está guiada por un cuestionario base citado en el apartado de anexos, utilizando un formato de preguntas abiertas que permita a los participantes expresarse y brindar sus percepciones desde su propia experiencia y conocimiento.

Los expertos en métodos de producción alternativa que participaron fueron:

- Mariano Michel, productor y fundador de Acrule Hidroponía.
- Sebastián Padin, productor, director y fundador de Verde Agua.

- Liliana Osorio, productora y distribuidora de Pacha Kausal.

Encuestas a participantes del mercado.

Con el objetivo de complementar el análisis del marco teórico, se ha implementado el método de encuestas, que es un método de campo de carácter exploratorio cualitativo. Este se diseñó con el objetivo de conocer la “voz del mercado”, es decir, las percepciones de los actores clave de la cadena de suministro tradicional.

La misma fue dirigida a dos participantes críticos dentro de la cadena de abastecimiento: por un lado, operadores mayoristas, es decir, individuos con puestos dentro del Mercado Central de Buenos Aires. Y, por otro lado, compradores minoristas, propietarios o encargados de verdulerías que se abastecen de dicho mercado para comercializar en zonas como de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Tigre (provincia de Buenos Aires) y Olavarría (provincia de Buenos Aires).

Análisis de casos de éxito y de fracaso

En este apartado se examina la viabilidad de implementar sistemas de producción alternativa basados en ambientes controlados, mediante el estudio de casos nacionales que muestran evidencia exitosa en la producción y abastecimiento de productos frescos, en contextos cuya naturaleza limita de forma parcial o total la posibilidad de producir de manera continua a lo largo del año. A su vez, estos casos permiten observar como la integración de granjas verticales disminuye la vulnerabilidad de la cadena de abastecimiento frente a variaciones climáticas repentinas y complicaciones logísticas tanto por locación urbana como por factores exógenos a la producción (inundaciones, sequías, entre otras contingencias). Al mismo tiempo, demuestran la capacidad para generar una oferta de productos de alta calidad nutricional mediante prácticas que minimizan el impacto ambiental, optimizan el uso de recursos y eliminan la necesidad de

agroquímicos nocivos para los ecosistemas y la salud de los consumidores. Estos casos fueron las granjas MAPHI en la Antártida Argentina y ADBlick en provincia de Buenos Aires. Por otro lado, la incorporación de un caso de fracaso resulta igualmente relevante ya que permite identificar los factores que pueden limitar la sostenibilidad o escalabilidad de este tipo de alternativas. Este análisis aporta una perspectiva complementaria al estudio de los casos de éxito al exponer los desafíos técnicos, energéticos y de gestión que pueden comprometer a la viabilidad de estos proyectos. Así se fortalecen las conclusiones del trabajo al entender no sólo las condiciones favorables al éxito, sino también las que deben evitarse para poder garantizar una integración resiliente y con permanencia en contextos reales de aplicación. Dado que en Argentina aún no existen registros públicos ni documentación consolidada sobre experiencias de este tipo —debido al carácter incipiente de la agricultura vertical en el país—, se tomó como referencia el caso de AeroFarms (Estados Unidos), uno de los proyectos más emblemáticos a nivel internacional, cuya trayectoria permite analizar con claridad los factores que pueden conducir al fracaso incluso en entornos tecnológicamente avanzados.

Cuadro de metodología de investigación

A continuación, se presenta el cuadro metodológico, en el que se detallan las preguntas y objetivos principales y secundarios, así como las variables y dimensiones consideradas.

También se incluyen los indicadores utilizados para el análisis de los datos y los instrumentos empleados para su recolección.

Preguntas de investigación	Objetivos	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Marco teórico
¿Cómo la agricultura vertical reduce el impacto ambiental en comparación con la agricultura tradicional?	Analizar la contribución de las granjas verticales urbanas a la reducción de impactos ambientales asociados al cambio climático.	Integración de granjas verticales urbanas	Tecnología y productividad	- Rendimiento por ciclo - Productividad por m ²	Entrevistas a expertos / Caso de éxito	Cap. 1 y 2
			Infraestructura	- Control ambiental - Frecuencia de alarmas / fallas de sistema		
			Gestión y cooperación	- Acuerdos productivos y convenios entre productores		
¿Cuáles son los cuellos de botella de la agricultura tradicional que justifican soluciones urbanas?	Identificar los riesgos operacionales que comprometen la cadena hortícola tradicional.	Dependencia de factores climáticos o logísticos	Climática	- Nivel de impacto en la producción (calidad, cantidad, interrupciones)	Entrevistas a expertos / encuestas	Cap. 2
			Logística	- % de mermas posproducción - Interferencias en producción por transporte		
			Temporalidad	- Días de interrupción logística o climática		
¿De qué manera la proximidad productiva de las granjas verticales reduce los cuellos de botella del modelo tradicional de larga distancia?	Evaluar el potencial del modelo urbano para mitigar riesgos logísticos y climáticos (control ambiental + acortamiento de cadena).	Resiliencia y seguridad alimentaria urbana	Disponibilidad	- Tiempo de cumplimiento de cosechas - Nivel de abastecimiento	Entrevistas a expertos	Cap. 1 y 3
			Acceso	- Proximidad de distribución - Precio accesible		
			Estabilidad	- Continuidad anual - Variabilidad mensual - Dependencia de cultivos		
¿Es el control del ambiente un factor determinante para la producción urbana?	Evaluar el rol del ambiente controlado en la estabilidad productiva.	Integración de granjas verticales urbanas	Infraestructura	- Control ambiental - Mermas por fallas/ausencia	Entrevistas a expertos	Cap. 1
¿Cómo el control ambiental en cultivos indoor fortalece la seguridad alimentaria urbana al mantener ciclos estables y reducir pérdidas poscosecha?	Analizar la relación entre ciclos estables y menores pérdidas poscosecha.	Resiliencia y seguridad alimentaria urbana	Estabilidad productiva y eficiencia poscosecha	- Días cosecha-consumo - merma en última milla	Encuestas / entrevistas a expertos	Cap. 3
¿Cómo hidroponía y aeroponía, al estabilizar ciclos y acercar producción, reducen interrupciones logístico-climáticas y mejoran continuidad anual?	Explorar alternativas tecnológicas que mejoran la continuidad y reducen cortes.	Dependencia climática-logística	Temporalidad	- Días de corte por clima o logística	Caso de éxito / Entrevistas a expertos	Cap. 2
¿Cómo incide la distancia logística en las pérdidas poscosecha de sistemas tradicionales y verticales?	Comparar pérdidas tradicionales vs verticales con base en distancia recorrida.	Dependencia logística	Logística	- % de merma posproducción - Km de distribución	Encuestas	Cap. 3

Figura 3

(Fuente: realización propia)

Capítulo 4: Análisis de resultados de los instrumentos de recolección

4.1 Análisis de datos recogidos mediante encuestas.

El propósito de las encuestas es validar las percepciones que se tienen acerca de las problemáticas centrales de esta investigación, como lo son los factores climáticos, la estacionalidad y la logística, y contrastarlas con los datos obtenidos de aquellos que las viven en su día a día.

Resulta fundamental delimitar el alcance de esta herramienta. Debido al tamaño de la muestra, los resultados carecen de representatividad estadística y por lo tanto sus conclusiones no son generalizables a la totalidad del universo de operadores y compradores del país.

Con los resultados obtenidos de las encuestas realizadas se pueden validar las problemáticas centrales de la investigación y planteadas en el marco teórico.

Análisis

En primer lugar, puede afirmarse que la dependencia climática del sistema agrícola tradicional no representa únicamente un supuesto teórico, tal como se expuso en el capítulo 2.1, sino que se manifiesta como el principal problema operativo identificado por los actores encuestados. Tal como se desarrolla en el subcapítulo 2.1.1, la producción a cielo abierto presenta una elevada vulnerabilidad frente a fenómenos climáticos extremos, lo que repercute directamente en la estabilidad y previsibilidad de los cultivos.

¿Nota cambios en la calidad o frescura de las verduras según la época del año?
20 respuestas

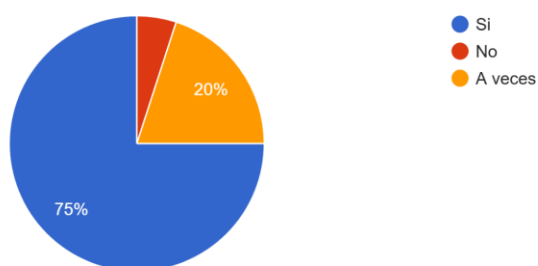


Figura 4

(Fuente: elaboración propia)

En relación con esta afirmación la figura 4, muestra cómo el 75% de los encuestados declaró percibir variaciones significativas en la calidad y frescura de las verduras según la época del año. Esta percepción constituye una evidencia empírica de la inestabilidad productiva del modelo tradicional y se encuentra directamente vinculada con el indicador de continuidad anual y variabilidad mensual, que refleja la capacidad —o limitación— del sistema para mantener una oferta constante a lo largo del tiempo.

Cuando hay escasez o demoras, suele deberse principalmente a:
20 respuestas

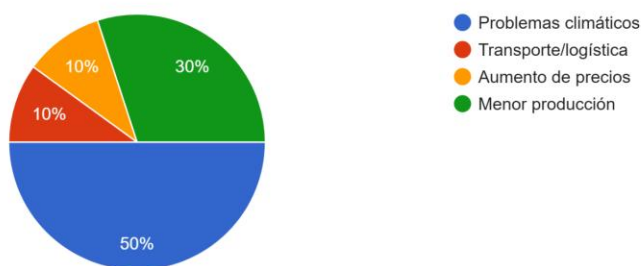


Figura 5

(Fuente: realización propia)

A su vez, los resultados de las encuestas corroboran que los factores climáticos constituyen la principal causa de escasez en la producción hortícola, en concordancia con lo expuesto en el

capítulo 2.1.1. Como se puede ver en la figura 5, el 50% de los encuestados identificó a los fenómenos climáticos como la principal fuente de inestabilidad en la oferta, en concordancia con la hipótesis planteada en esta investigación. Adicionalmente, las respuestas reflejan que los productores experimentan vulnerabilidad climática con habitualidad, dado que, al ser consultados por el factor que más afecta la continuidad del abastecimiento (figura 6), el 70% atribuyó las interrupciones a la estacionalidad (40%) y a las condiciones climáticas (30%). Estos resultados ayudan a confirmar la insuficiente disponibilidad y estabilidad de la oferta de alimentos, elementos señalados en el capítulo 3.2.1 como dos pilares fundamentales de la seguridad alimentaria, y evidencian la necesidad de estrategias productivas más resilientes frente a la variabilidad ambiental.

¿Qué factor cree que más afecta la continuidad del abastecimiento?
20 respuestas

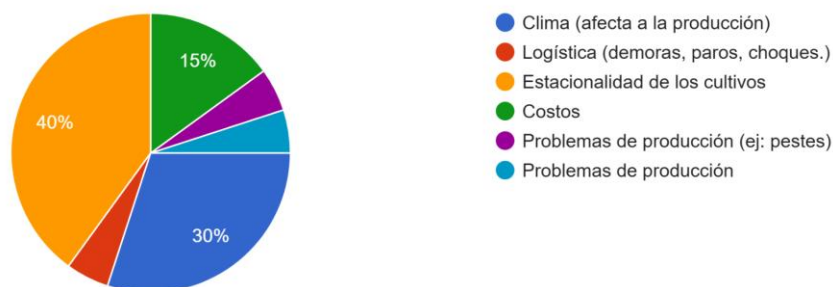


Figura 6

(Fuente: realización propia)

Por otra parte, la dependencia logística también se evidencia en los resultados como un problema estructural percibido por los actores encuestados. Tal como se analizó previamente en el capítulo 2.2, las pérdidas postcosecha constituyen un factor crítico que impacta directamente en la eficiencia del sistema de abastecimiento. Los datos relevados confirman esta problemática: el 80% de los encuestados declaró pérdidas superiores al 5% de la mercadería, mientras que un

35% reportó mermas significativamente más altas (un 20% las estimó entre 20% y 30%, y un 15% afirmó sufrir pérdidas superiores al 30%) (figura 7), en concordancia con los resultados arrojados en los estudios de SENASA (2024).

En promedio, qué porcentaje de la mercadería llega en mal estado o se pierde:
20 respuestas

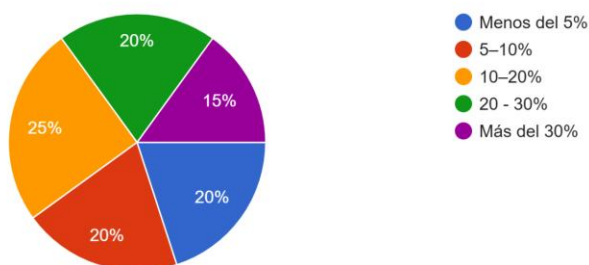


Figura 7

(Fuente: realización propia)

En conjunto, los datos evidencian las limitaciones estructurales del sistema logístico tradicional, cuya extensión y fragmentación pueden derivar en mermas cercanas al 30%, afectando tanto la viabilidad económica de la producción como la seguridad alimentaria en términos de acceso y disponibilidad. La ineficiencia logística no solo se traduce en pérdidas de mercadería, sino que también se asocia con interrupciones en el suministro y con el aumento de los costos operativos derivados de dichas disrupciones. Tal como se observa en la siguiente pregunta (figura 8) — donde 1 equivale a “Nunca” y 5 a “Muy seguido”—, el 50% de los encuestados manifestó enfrentar dificultades para conseguir mercadería con una frecuencia media a alta, lo que evidencia la fragilidad del sistema de abastecimiento tradicional ante contingencias logísticas o fluctuaciones en la disponibilidad de productos.

¿Con qué frecuencia suele tener dificultades para conseguir ciertas verduras?

20 respuestas

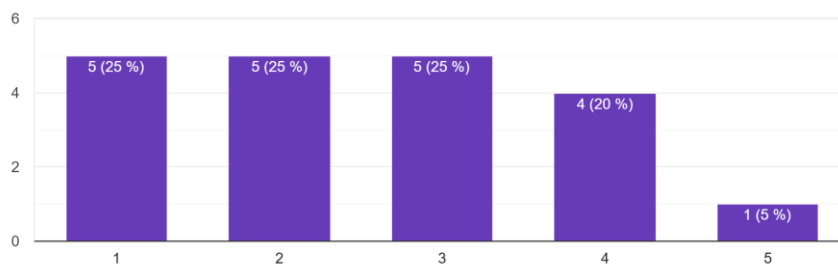


Figura 8

(Fuente: realización propia)

Tal como se desarrolla en el capítulo 2.2.1, el sistema tradicional de distribución implica recorrer largas distancias hasta los principales centros de consumo, lo que genera un aumento significativo en los costos logísticos y, en consecuencia, en el precio final de los alimentos. En línea con esta afirmación cómo se puede ver en la figura 9, el 70% de los encuestados sostuvo que el costo del transporte incide de manera directa en el valor que paga el consumidor, reafirmando la sensibilidad del precio final frente a las variaciones en los costos de traslado y la importancia de la proximidad geográfica en la formación del precio.

¿Cuánto cree que influyen los costos de transporte en el precio final al público?

20 respuestas

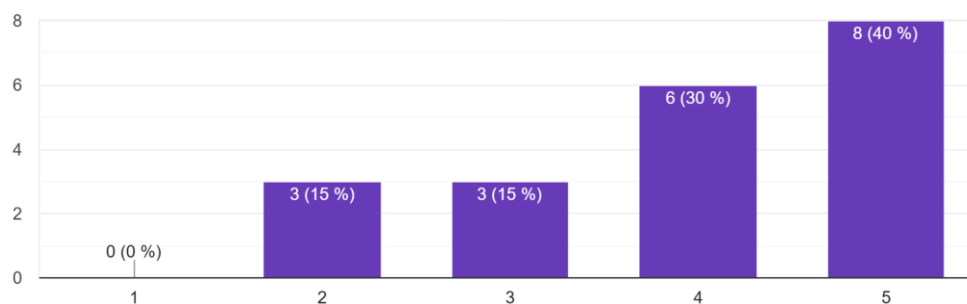


Figura 9

(Fuente: elaboración propia)

Al consultar a los encuestados sobre la posibilidad de adquirir verduras frescas producidas en cercanía, el precio emergió como la principal barrera de adopción. Si bien un 35% manifestó una disposición positiva de compra (“Sí”), la mayoría (60%) condicionó su decisión a la variable precio, respondiendo “Depende del precio”, en relación con el indicador de accesibilidad económica.

Lo expuesto en la figura 10 adquiere relevancia al respaldar lo planteado en el capítulo 3.4 respecto de los desafíos económicos y las limitaciones del modelo. Los resultados evidencian que la alta sensibilidad al precio observada en los consumidores argentinos no constituye una mera hipótesis teórica, sino que se materializa como uno de los principales obstáculos percibidos para la integración y viabilidad de los sistemas de producción en cercanía.

Si pudiera comprar verduras frescas producidas dentro o cerca de la ciudad, lo haría:
20 respuestas

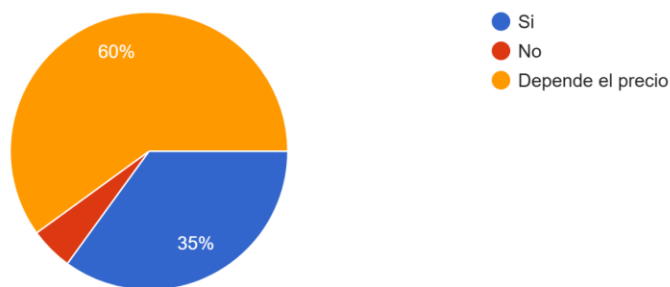


Figura 10

(Fuente: Realización propia)

A su vez, como muestra la figura 11 las encuestas evidencian un alto potencial de integración entre las granjas verticales y la producción tradicional. En efecto, el 90% de los encuestados manifestó haber escuchado hablar de la hidroponía o de las granjas verticales, lo que indica un elevado nivel de conocimiento y conciencia sobre estas tecnologías emergentes dentro del

contexto del mercado hortícola argentino. Este dato, en conjunto con el expuesto anteriormente, sugieren una predisposición favorable hacia la incorporación de innovaciones productivas.

¿Ha escuchado hablar de las granjas verticales o la producción hidropónica urbana?
20 respuestas

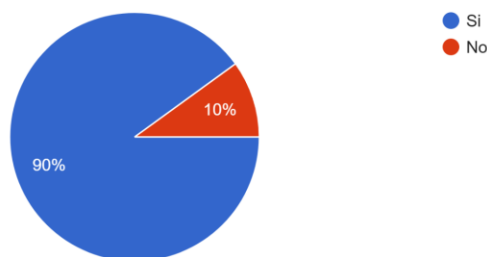


Figura 11

(Fuente: elaboración propia)

Por último, los resultados que se muestran en la figura 12, confirman la existencia de una problemática concreta en torno a la producción local. Esta situación se vincula directamente con la dimensión de “Disponibilidad” descrita en el capítulo 3.2.1, correspondiente al marco teórico sobre seguridad alimentaria. Ante la pregunta “¿Recibe verduras producidas en zonas cercanas al AMBA?”, un 45% de los encuestados —sumando las categorías “Muy poca”, “No sabe” y “No recibe”— indicó tener un acceso bajo o nulo a la producción local.

Estos resultados muestran que, desde la perspectiva de los actores de la cadena, la producción periurbana actual resulta insuficiente o poco visible dentro del sistema de abastecimiento siendo que casi la totalidad de los productos se adquieren en el Mercado Central. Al mismo tiempo, refuerzan la pertinencia de las granjas verticales como modelo complementario, dado que estas pueden garantizar un suministro constante y localizado, contribuyendo así a fortalecer la disponibilidad y resiliencia del sistema alimentario urbano.

¿Recibe verduras producidas en zonas cercanas al AMBA?

20 respuestas

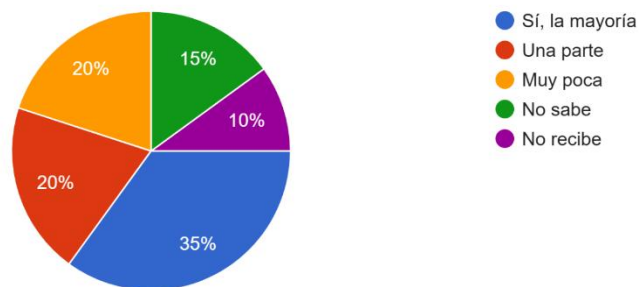


Figura 12

(Fuente: realización propia)

4.2 - Análisis de casos

4.2.1 - Caso de éxito MAPHI, Antártida Argentina

Contextualización

El proyecto de aplicación de hidroponía en las Bases Antárticas Argentinas surge en 2017 como una iniciativa experimental del INTA Santa Cruz, liderada por el Ing. Agr. Jorge Alberto Birgi, con el propósito de mejorar la dieta del personal que inverna en el continente antártico. Hasta ese momento, la alimentación dependía casi exclusivamente de productos congelados, conservas y verduras deshidratadas, lo que reducía su valor nutricional y afectaba la salud del personal destinado en las bases. La República Argentina mantiene presencia permanente en el continente antártico desde 1904, lo cual implica un enorme desafío logístico para el abastecimiento de alimentos. La implementación del sistema MAPHI marca un punto de inflexión al introducir la producción local de hortalizas frescas en un territorio donde, hasta entonces, era inviable cultivar debido a la prohibición de usar suelos exógenos (Protocolo de Madrid, 1991) y las condiciones ambientales extremas.

El primer módulo operativo, denominado MAPHI I (Módulo Antártico de Producción Hidropónica), se instaló en la Base Marambio en 2021, dentro de un contenedor marítimo de seis metros con aislamiento tricapa, calefacción eléctrica y control ambiental automatizado. Su éxito llevó a la ampliación del programa hacia la Base Esperanza (MAPHI II) en la Campaña Antártica de Verano 2022/23, y posteriormente a la Base Belgrano II (MAPHI III). En Esperanza, donde residen más de 60 personas —incluidas familias y niños que asisten a la Escuela Provincial N.º 38—, la disponibilidad de vegetales frescos representa una mejora sustancial en la calidad de vida y salud nutricional.

Independencia climática y estabilidad de la producción

Tal como se plantea en el capítulo 2.1 del marco teórico, la producción en ambientes controlados busca independizar el rendimiento agrícola de las condiciones climáticas externas. En la Antártida, donde las temperaturas pueden descender por debajo de los $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, la aplicación del sistema MAPHI representa la máxima expresión de esta independencia.

Cada módulo cuenta con aislamiento térmico de triple capa, sistemas de calefacción complementarios y fotoperiodos automatizados de 8 horas mediante iluminación LED. Estas luces, además de proveer radiación fotosintética, generan calor que contribuye a mantener la temperatura interna entre $15\text{ y }26\text{ }^{\circ}\text{C}$, asegurando condiciones óptimas para el desarrollo vegetal. Los sensores de temperatura, humedad y flujo de nutrientes —integrados a un sistema IoT (Internet of Things)— permiten el monitoreo remoto y la corrección instantánea de desvíos, garantizando estabilidad productiva y evitando pérdidas por estrés térmico o fallos operativos, aplicando los métodos planteados en el subcapítulo 1.2.1 de esta investigación.

Los módulos están diseñados para ser operados por cualquier persona, incluso sin experiencia previa en hidroponía, gracias a la automatización integral del sistema y a un tablero de control central. Esto permite sostener la producción incluso durante las rotaciones de personal, manteniendo la continuidad del suministro de alimentos frescos en condiciones de aislamiento extremo, favoreciendo a la seguridad alimentaria desarrollada en el capítulo 3.2 del marco teórico, donde se abordan los temas de disponibilidad, estabilidad, y acceso a alimentos nutritivos. Durante las primeras campañas, el sistema no registró pérdidas por mortandad y las hortalizas obtenidas presentaron un 92 % de humedad promedio, reflejo de la sanidad y homogeneidad de los cultivos. Estos resultados confirman la estabilidad y resiliencia del sistema, incluso frente a un ambiente sin precedentes en términos de adversidad climática.

Eficiencia de recursos y sostenibilidad operativa

El sistema MAPHI se basa en un modelo de recirculación de solución nutritiva en circuito cerrado, lo que permite alcanzar una alta eficiencia en el uso del agua y los nutrientes, principios fundamentales de la sostenibilidad tecnológica. La estructura cuenta con dos sectores de producción, tres niveles cada uno, y 12 cajones de 10 L por nivel, con capacidad para 240 plantas adultas por nivel y bandejas de germinación en un sexto nivel adicional. Los ciclos de cultivo son de 30 días para hortalizas adultas y 15 días para germinados, lo que permite una producción escalonada y continua, utilizando el consumo harvest-to-order desarrollado en el subcapítulo 1.3.1 del marco teórico. La automatización del proceso —incluyendo control de iluminación, riego, calefacción y circulación de nutrientes— reduce la necesidad de mano de obra calificada y facilita el mantenimiento operativo en entornos donde los recursos humanos y energéticos son escasos.

Desde el punto de vista ambiental, el sistema fue diseñado para cumplir con los Protocolos del Tratado Antártico y el Protocolo de Madrid (1991), evitando la introducción de especies exóticas o suelos continentales, y garantizando el tratamiento adecuado de los residuos generados.

Asimismo, haciendo frente a los desafíos planteados en el subcapítulo 1.2.2, la utilización de hardware de bajo costo y software libre refuerza la replicabilidad y sostenibilidad económica. En términos de eficiencia operativa, el uso de energía eléctrica de baja demanda y el aprovechamiento térmico de las propias luces LED reducen el consumo general. Estas características consolidan a MAPHI como un sistema autosuficiente, adaptable y de bajo impacto, demostrando que la producción agrícola puede ser viable incluso en condiciones extremas mediante un diseño inteligente y responsable.

Seguridad alimentaria y proximidad logística

En concordancia a los planteos realizados en el subcapítulo 3.2, referidos a la seguridad alimentaria y la proximidad logística, el caso MAPHI evidencia cómo la producción hidropónica en sitio puede sustituir parte de la dependencia de las cadenas de suministro extensas y costosas. La logística antártica, históricamente dependiente del transporte marítimo y aéreo desde el continente, presenta limitaciones estacionales, elevados costos y vulnerabilidad frente a las condiciones climáticas y reduciendo significativamente la huella de carbono asociada a los alimentos. La instalación de los módulos hidropónicos permitió que cada base obtenga alimentos frescos y seguros durante todo el año, reduciendo la exposición a conservantes y mejorando significativamente la dieta del personal. En la Base Marambio, la producción interna permite dos comidas completas con vegetales frescos cada quince días, mientras que, en Esperanza, la ampliación de capacidad garantiza abastecimiento continuo para más de 60 personas.

La mejora en la calidad nutricional es particularmente relevante en poblaciones aisladas, donde la falta de vegetales frescos puede derivar en deficiencias vitamínicas y reducción del bienestar general. Además, al reducir la distancia entre el punto de producción y el consumo (<1 km), se eliminan los riesgos logísticos y ambientales asociados al transporte de alimentos, consolidando la autosuficiencia alimentaria en un entorno que tradicionalmente dependía de envíos periódicos desde el continente.

Por último, el proyecto no solo tiene un impacto alimentario sino también estratégico y simbólico, al fortalecer la soberanía argentina en el territorio antártico mediante una innovación tecnológica sustentable y replicable en otros contextos de aislamiento o vulnerabilidad climática.

4.2.2 - Caso de éxito ADBlick Hidroponía, Provincia de Buenos Aires

El segundo caso de estudio analizado corresponde a ADBlick Hidroponía, una división de la empresa ADBlick Agro, reconocida por su participación en diversos agronegocios en Argentina, incluyendo producción extensiva de granos y ganadería. La unidad de hidroponía representa un modelo diferencial orientado a la agricultura intensiva en ambientes controlados (CEA), alineado con los objetivos de esta investigación.

Este proyecto, tuvo sus inicios operativos en el año 2020, se encuentra ubicado en la localidad de Lima, provincia de Buenos Aires. La ubicación estratégica de este invernadero hidropónico, que cuenta con una superficie operativa de 1,44 hectáreas, se convierte en un factor crítico, ya que lo sitúa en la zona periurbana del principal centro de consumo del país como lo es el AMBA. Con su amplia superficie operativa, se conforma como uno de los invernaderos hidropónicos tecnificados más grandes de Argentina. En este, se seleccionó a la frutilla como el único cultivo a producir, bajo la marca Zempre y actualmente producen tres variedades de frutillas específicas a lo largo del año. La inclinación por este cultivo es particularmente relevante, dado que se trata de

un producto de alta perecibilidad y que tradicionalmente está sujeto a una marcada estacionalidad, convirtiéndose clave para estudiar la reducción de mermas y la continuidad anual de abastecimiento. Bajo este criterio, ADBlick decidió asociarse estratégicamente con una empresa española que provee tecnología de punta, el sistema NGS.

A diferencia del caso MAPHI, que demuestra la viabilidad técnica en un entorno extremo y aislado, el caso ADBlick permite analizar la aplicación de un modelo tecnológico a gran escala diseñado para integrarse y complementar la producción hortícola tradicional en un contexto periurbano real.

Independencia Climática y Estabilidad de la Producción

Este caso representa un concepto central de esta investigación. el principio de independencia climática. El modelo que plantea ADBlick se basa en la agricultura en ambientes controlados (CEA). La infraestructura del proyecto permite desligar la producción de factores climáticos externos, a diferencia de la horticultura tradicional a cielo abierto, cuya vulnerabilidad ante eventos meteorológicos extremos ya fue analizada anteriormente en el capítulo 2.1.1.

Como se expuso a lo largo del subcapítulo 2.3, la independencia frente a los factores climáticos no constituye un proceso pasivo, sino que se gestiona activamente mediante la incorporación de tecnologías específicas, entre las cuales destaca el control ambiental automatizado. En el caso de ADBlick, la empresa implementa un enfoque basado en datos (data-driven) para la gestión de los cultivos, que incluye el monitoreo y ajuste automatizado de variables críticas —como el pH y la composición de las soluciones nutritivas—, todo ello administrado por una computadora de riego centralizada, vinculada a una estación meteorológica propia. Este sistema permite optimizar el

rendimiento de los cultivos y reducir la dependencia de las condiciones externas, consolidando un modelo de producción de alta eficiencia.

Al gestionar el microclima activamente, el sistema permite una producción continua durante todo el año, el caso ADBlick valida empíricamente como la integración de esta tecnología genera estabilidad de la producción. Este modelo de flujo continuo rompe con la marcada estacionalidad de los cultivos, que en el modelo tradicional genera picos y valles de oferta, afectando la estabilidad de los precios debido a necesidades de importación o poca oferta de productos en comparación a la demanda.

Eficiencia de recursos y sostenibilidad operativa

El caso ejemplifica la intensificación sostenible mediante la eficiencia de recursos, uno de los pilares de la agricultura en ambientes controlados, tratado a lo largo del capítulo 1.2 de esta investigación.

El proyecto ADBlick Hidroponía valida la eficiencia hídrica y de nutrientes, ya que el mismo opera bajo un sistema hidropónico de recirculación, siendo esta la clave de su sostenibilidad operativa. Al poseer un sistema de flujo de agua cerrado la solución nutritiva administrada para el crecimiento de los cultivos, vuelve a circular por el sistema de manera continua evitando desperdicios, con métricas ratificadas que señalan ahorros de un 90% de agua en comparativa con los métodos tradicionales. Adicionalmente, como fue presentado en el subcapítulo 3.2, la sostenibilidad operativa se logra mediante la gestión activa de insumos, que en el caso estudiado está dada por el control permanente de parámetros críticos de crecimiento de los cultivos, como el PH, la CE (conductividad eléctrica) que permiten dosificar los nutrientes necesarios de manera automatizada y precisa.

Desde la empresa, aseguran que eliminan hasta el 100% en el uso de herbicidas, 70% en fungicidas, 50% en insecticidas y del 45% en fertilizantes con este sistema de producción, además la productividad en relación a la competencia de cielo abierto es de 2,5 veces mayor al promedio. De esta forma se plantea un contraste directo y contundente con los riesgos operativos y de inocuidad documentados en la horticultura tradicional periurbana en el capítulo 1.1.3. y la capacidad productiva destacada a lo largo del capítulo 1.2.1. Por eso, el caso demuestra cómo la tecnología permite producir más en menos espacio, aliviando la presión sobre la tierra cultivable.

Seguridad alimentaria y proximidad logística

El caso de ADBlick se posiciona como una solución al problema de la dependencia logística, identificada como una vulnerabilidad estructural del sistema hortícola tradicional en el capítulo 2.2 de esta investigación. Mientras el modelo convencional de abastecimiento se caracteriza por largas distancias, siendo el promedio de 600 kilómetros, la ubicación estratégica del proyecto de ADBlick en Lima, provincia de Buenos Aires, lo posiciona como un modelo de producción de proximidad al principal centro de consumo del país, la Ciudad de Buenos Aires y el área metropolitana. Esta proximidad geográfica se convierte en un factor determinante que impacta directamente en las variables de resiliencia y seguridad alimentaria, expuestas a lo largo del capítulo 3.

Por un lado, se acortan las distancias drásticamente entre la cosecha y el consumidor, mitigando así las pérdidas post cosechas estipuladas anteriormente entre un 20% y 30% en el sistema tradicional (capítulo 2.2.1). En un cultivo de alta perecibilidad, como lo es la frutilla, resulta especialmente crítico este punto. Bajo esta premisa, se garantiza un producto de mayor frescura y calidad nutricional que según las políticas productivas de ADBlick se distribuirá un 75% en fresco y el restante, por cuestiones de calidad se destinará al mercado industrial.

Desde la perspectiva de resiliencia logística del capítulo 3.1.1, la ubicación periurbana del proyecto reduce la vulnerabilidad a interrupciones en la cadena de suministro, como lo pueden ser cortes de rutas por factores climáticos o gremiales (muy típicos en el contexto argentino). Del mismo modo, al minimizar la dependencia del transporte de larga distancia, se reduce el indicador planteado de “días de interrupción logística”. Esta robustez logística, sumada a la continuidad anual analizada en el apartado anterior, permite que el proyecto contribuya de manera tangible a la estabilidad de la oferta.

Entonces, el caso demuestra empíricamente cómo es que la integración de un modelo productivo tecnificado y de proximidad contribuye a las dimensiones clave de la seguridad alimentaria urbana, mencionadas a lo largo del capítulo 3.2. En el caso se asegura la disponibilidad, mediante "producción local abastecida", y se mejora el acceso, validando así la segunda parte de la hipótesis de este trabajo.

4.2.3 - Caso de fracaso

Al ser esta una temática en desarrollo dentro de Argentina, para evidenciar las falencias de este tipo de sistemas de producción, se han buscado diversas fuentes internacionales que exponen los principales desafíos que la producción mediante granjas verticales ha tenido, principalmente a gran escala. Henry Gordon-Smith, director ejecutivo de Agritecture (empresa especializada en consultoría de agricultura urbana), se refirió a la aplicación a gran escala de este tipo de producción como “El futuro es brillante para este sector, pero hacer realidad ese futuro comienza por ir más allá de la exageración, hacia una discusión honesta sobre lo que funciona y lo que no funciona en este negocio.”

Si bien durante el desarrollo de los últimos años, las tecnologías subyacentes de la agricultura vertical, incluida la iluminación, la automatización, el control del clima y el procesamiento, han avanzado significativamente, reduciendo los costos de capital muy altos de estos métodos agrícolas novedosos. La construcción de estas estructuras tiene un costo operativo inicial muy alto.

El desafío es operativo, la administración de los recursos necesarios para llevar a cabo de manera efectiva requiere tiempo. Es por eso que el autor refiere al crecimiento de este tipo de producción debe darse con un enfoque incremental y responsable, en lugar de veloz y experimental como es la mentalidad de Silicon Valley en materia tecnológica. Los inversionistas ven estas granjas como fábricas llenas de tecnologías exponenciales mientras que los operadores son los responsables de variedades técnicas que cubren la producción, seguridad alimentaria, capacitación y operaciones comerciales. Otro reto que encontraron las empresas surge de la competencia interna para superarse mutuamente, mientras estas acumulan dinero las colaboraciones disminuyen, y el intercambio de datos que permitiría la adaptación conjunta, innovación y aprendizaje industrial de este tipo de producción sustentable gira frente a los intereses de los inversores y la protección de la propiedad intelectual (Gordon-Smith et. al. 2023). Muchas de las granjas verticales importantes en todo el mundo han anunciado planes de expansión que luego no se han llevado a cabo, el escalar empresas sin el tiempo correspondiente para agilizar los procesos debido a la presión de los inversores culmina en disfuncionalidades de la economía del proyecto a gran escala.

Un censo relativo a los empresarios iniciando estas instalaciones, realizado en 2020, expuso que un 49% de los operadores tenían cero años de experiencia agrícola previa, y el 73% de ellos hubiera optado por cambiar el equipamiento, tecnología y cultivo de haber vuelto a comenzar el

proyecto (Agritecture et. al 2020). Exponiendo que el ser pionero en temáticas innovadoras sin un planeamiento y tiempo de crecimiento adecuado puede resultar en que el único camino es continuar avanzando y corregir un error con más inversión.

Puntualmente, el caso de AeroFarms fundada en EE.UU. ha sido catalogado como un “fracaso parcial”. La empresa con sede en Newark, Nueva Jersey fue una de las pioneras en agricultura vertical, en 2016 su instalación de ~70.000 ft² con camas de cultivos apiladas de 12 a 30 pies de altura, donde en vez de recibir luz solar las plantas reciben este nutriente mediante tiras LED, y las soluciones nutritivas son aplicadas cada cierta cantidad de horas mediante el sistema productivo (aeroponía / hidroponía) en el cual se instale el cultivo (Business Insider, 2016).

Adicionalmente esta planta cuenta con 30,000 puntos de recolección de información, que actualizan temperatura, humedad, CO₂ y niveles de oxígeno para conseguir métricas en tiempo real y mediante la aplicación de un software de machine-learning, así permitiendo generar un ambiente perfecto para el crecimiento de las plantas, independientemente de lo que suceda en el exterior. Tal como se desarrolla a lo largo del capítulo 1 de la corriente investigación, este proyecto integra la mayoría de los factores que hacen a una granja vertical completa. Tomando como ejemplo el cultivo de lechuga en comparación con la cosecha en tierra ya sea sobre campo abierto o en invernadero, la producción es ampliamente mayor (Vilab, 2024).

Ambiente	Productividad (ton/ha)	Productividad (kgs/m ²)
Campo abierto	21.0	2.10
Invernadero	31.3	3.12
Granja Vertical	683.5	68.35

Figura 13

(Fuente: Vialab 2024)

El porqué entonces del fallo de estos sistemas de producción corresponde al nivel de costos asumidos para la instalación de esta mega estructura. Comenzando por el equipamiento y sensores de alta tecnología, trabajadores más calificados y especialistas que, según un estudio realizado por Vialab en 2024, representan un aproximado del 71% de los costos. Adicionalmente Estados Unidos cuenta con una cadena de suministro, que, aunque estén más lejos de los de las personas, no representan un agregado al precio final de los productos. Causando que la competitividad del producto hidropónico final no fuese el esperado en cuanto al desempeño costo/beneficio, y llevando a que Aerofarms se declare en bancarrota con fin de reestructuración en 2023.

	Costo Anual (USD)	Costo por kilo (USD/kg)	% de Contribución
Gastos de capital	15,083	0.66	27.7%
Mano de obra	23,265	1.02	42.8%
Administración	2,298	0.10	4.2%
Electricidad	4,595	0.20	8.4%
Semillas	82	0.01	0.2%
Mantenimiento	6,564	0.29	12.1%
Otros	2,506	0.11	4.6%
Total	54,393	2.39	100.0%

Figura 14

(Fuente: Vialab 2024)

En ese mismo año, la empresa pudo resurgir del pedido de bancarrota mediante la aprobación por parte del juzgado para la reestructuración mediante inversiones de Food & AgTech y Doha Venture Capital. Dicha reestructuración se llevó a cabo mediante el ensamble de un equipo de expertos en agricultura centrándose en la comercialización de Microgreens, y mediante una

asociación con Costco la comercialización de su sistema patentado de agricultura vertical (CoStar, 2023).

Este caso permite analizar límites y aprendizajes del modelo de agricultura vertical en referencia a las dimensiones analizadas en este trabajo. Su experiencia muestra la comprensión de las claves necesarias para que la integración resulte viable, sostenible y complementaria a la agricultura tradicional. Si bien el modelo de AeroFarms confirma la eficiencia técnica del uso de ambientes controlados, también evidencia el peso crítico del consumo energético, costos operativos asociados al control climático y la necesidad de mano de obra calificada. Desarrollado dentro del marco de esta investigación directamente en el subcapítulo 1.2.3 - Ventajas y desafíos (claves de integración), donde se detalla la importancia de “proximidad más energía limpia”. Este caso permite visualizar cómo la tecnología aplicada únicamente a la producción no garantiza la resiliencia del sistema, esta deberá complementarse con estrategias de eficiencia energética y planificación contextual.

Asimismo, otro de los desafíos contemplados en este subcapítulo afirma que la escalabilidad y los costos deberá contemplar la alineación de productos de alto valor con un sistema productivo eficiente y de mantenimiento técnica optimizada. Para mantener los costos en un margen rentable. Cómo adicionalmente se puede ver en el subcapítulo 1.3 - modelos de integración con la agricultura tradicional, se plantea la efectividad de este tipo de granjas cuando se articulan en circuitos periurbanos existentes, donde el aprendizaje debe basarse en sistemas modulares y graduales, generando integración con actores locales y permitiendo articular de manera conjunta el abastecimiento en lugar de replicar un modelo intensivo a gran escala sin adaptación

territorial. AeroFarms se vio afectada por proyecciones financieras sobredimensionadas y la dependencia a un capital de inversores, donde su falta de madurez comercial reflejó el exceso de confianza sobre las novedosas tecnologías. Como se señala en el subcapítulo 1.1.1, se deben evitar modelos que prioricen la eficiencia privada a corto plazo y enfocarse en la sustentabilidad estructural. Las granjas verticales deben ser concebidas con el fin de generar producción de alimentos con una base de resiliencia urbana.

Trasladado al escenario local, como fue descrito en los subcapítulos 2.1 y 2.2, el caso de AeroFarms muestra que el éxito de las granjas verticales en Argentina dependerá de aprovechar la mayor fortaleza de los sistemas - independencia de factores climáticos y logísticos - integrándose en entornos urbanos a las cadenas de suministro, donde estas son más largas y vulnerables permitiendo a los sistemas brindar una estabilidad de oferta con menor huella ambiental.

4.3 - Análisis de entrevistas a expertos

Con el objetivo de profundizar con los aspectos que refieren a las variables de análisis de este trabajo de investigación. La selección de estas entrevistas busca la heterogeneidad de los entrevistados, teniendo entre ellos diferencias en cuanto a la escala, locación, enfoques y niveles de sofisticación en los niveles de producción.

En este sentido dos de los entrevistados poseen mayor tecnificación, representados por Sebastián y Mariano, cuyos sistemas poseen un control ambiental más abarcativo, pero no total, y medición semiautomática de los parámetros productivos. Ambos poseen visión orientada a la eficiencia de recursos, aunque en el caso de Sebastián busca mayor oportunidad para la escalabilidad.

Por el lado de Liliana, desarrolla un proceso más artesanal, a menor escala centrado en técnicas de CEA simplificados y de realización propia, con un proceso de medición manual. El aporte de

esta entrevista es valioso para comprender los desafíos cotidianos para los pequeños productores como también las barreras de entrada. Además, un análisis comparativo nos permite estudiar de manera empírica el potencial de las tecnologías para complementar la horticultura tradicional desde un enfoque flexible y adaptable.

Asimismo, las entrevistas fueron posteriormente contrastadas con el marco teórico desarrollado en capítulos anteriores con el propósito de validar empíricamente los principales supuestos de investigación. Adicionalmente se elaboró un cuadro comparativo (figura 13) que sintetiza la postura de los entrevistados en base a los principales indicadores identificados durante esta investigación, facilitando la lectura y ofreciendo una visión integrada sobre las posturas de los distintos entrevistados.

Indicadores	Mariano	Sebastián	Liliana
Rendimiento por ciclo	Volumen constante, alta eficiencia	Aumento 20-30% de eficiencia	Dependiente del manejo diario, limita la optimización
Control ambiental / frecuencias de alarmas	Infraestructura robusta, minimiza riesgos	Automatización, monitoreo preciso	Vulnerable a extremos, pérdidas por limitaciones estructurales
Acuerdos productivos, asociaciones y convenios entre productores	Valoración del trabajo en red y saberes	Asociación formal existente	Dependencia de redes informales/INTA, no hay soporte formal constante
Nivel de impacto en la producción (calidad, cantidad, interrupciones)	Impacto climático nulo/mínimo	Mantiene calidad/cantidad todo el año	Vulnerabilidad residual, pérdidas del 50% por calor extremo
Inferencias en producción / % de mermas pos producción	Mínimas mermas, vida útil prolongada	Mínimas mermas, "Kilómetro 0"	Mínimas mermas, pero alta inferencia por costos/tiempo de distribución personal
Días de interrupción logística o climática	Evita interrupciones estacionales	Cero interrupciones reportadas	Restricción en diversificación, ajustes necesarios según clima
Tiempo de cumplimiento de cosechas / producción local abastecida	Oferta constante, abastecimiento local	Cumplimiento de ciclos rápidos y sostenidos	Disponibilidad y abastecimiento continuo
Proximidad de distribución / precio accesible	Cadenas cortas, precio más accesible inferido	Cadenas cortas, producto "premium", precio elevado	Precios estables, pero logística personal limita el alcance y la rapidez
Continuidad anual / variabilidad mensual / dependencia de cultivos	Baja variabilidad, alta previsibilidad	Continuidad anual, mitigación de riesgos	Estabilidad y continuidad del cultivo principal

Figura 15

(Fuente: realización propia)

Variable 1. Integración de granjas verticales urbanas

En relación con la tecnología y la productividad, tanto Mariano como Sebastián reportan ciclos acelerados, mejoras de entre el 20% y el 30% en determinados cultivos y una estabilidad notable

en sus volúmenes de producción. Esto refleja lo que la literatura describe: el control del ambiente interno -incluyendo luz, humedad, temperatura, pH y fertilización- permite acortar ciclos vegetativos y sostener la calidad de manera constante. En el subcapítulo 1.2.2 se detalla como ventaja, que el rendimiento por ciclo funciona como un indicador directo de la densidad de capital tecnológico en la operación; en otras palabras, cuanto mayor es la capacidad de sensado, automatización y ajuste, mayor es la eficiencia productiva.

El caso de Liliana, en contraste, muestra que la tecnología mínima permite cumplir con estándares básicos de inocuidad y continuidad, pero su falta de inversión limita drásticamente la optimización del rendimiento. Este contraste empírico refuerza las ideas planteadas en el marco teórico: la agricultura urbana tecnificada no solo produce más, sino que lo hace de manera más estable y predecible.

La infraestructura profundiza aún más esta brecha. Mariano y Sebastián cuentan con sistemas que poseen mayor control sobre el entorno del cultivo, incorporan alarmas y mecanismos de corrección y funcionan bajo una lógica de prevención. Esto se alinea con lo que plantea el trabajo teórico a lo largo del capítulo 1 y en el capítulo 3.3.1 en: la infraestructura es el corazón del modelo CEA, porque permite desvincular la producción de los shocks externos. Liliana, por su parte, opera un sistema artesanal basado en monitoreos manuales y sin mecanismos de amortiguación ante extremos térmicos. Su pérdida ocasional -de hasta 50% durante una ola de calor- es un ejemplo concreto de lo que el marco teórico advierte: cuando la infraestructura no logra aislar el clima externo, éste ingresa al sistema como un estrés interno que desestabiliza la producción. La teoría sostiene que el uso de ambientes controlados no elimina las inclemencias climáticas, sino que exige una infraestructura capaz de absorberlas; cuando esto no ocurre, la vulnerabilidad reaparece.

La gestión y la cooperación también marcan diferencias sustanciales, como se ve en el subcapítulo 1.3.2. Mariano y Sebastián participan en asociaciones que permiten profesionalizar prácticas, acceder a conocimiento técnico especializado y mantenerse actualizados sobre tendencias tecnológicas. Según el marco teórico, estas redes aumentan la “agencia” de los productores y su capacidad para sostener un sistema complejo. Liliana, en cambio, depende de capacitaciones del INTA y de soporte comunitario, en línea con lo que la literatura identifica como estrategias compensatorias en modelos de baja tecnificación. La evidencia sugiere que, aunque todos valoran la cooperación, quienes cuentan con redes institucionalizadas obtienen un mayor respaldo técnico y operativo.

Variable 2. Dependencia de factores climáticos y logísticos

Respecto de la dependencia de factores climáticos y logísticos, las entrevistas ofrecen una lectura matizada de la resiliencia. Mariano y Sebastián sostienen que el impacto del clima es prácticamente nulo, lo cual valida la promesa central del CEA. Liliana demuestra que esta eliminación no es absoluta: en sistemas parcialmente cerrados, el clima puede afectar indirectamente. La teoría describe este fenómeno: la resiliencia climática depende de cuán adaptado y robusto sea el sistema al entorno en el cual se instala, así como de su capacidad de mantener condiciones internas estables aún en contextos de estrés exterior. Sin embargo, los entrevistados coincidieron que reducen su exposición a la variabilidad climática planteada en el subcapítulo 2.1.

En los aspectos logísticos, los tres entrevistados reconocen las ventajas del “kilómetro cero”, aunque ese beneficio se materializa de manera diferente según la escala. Mariano y Sebastián, con producciones de mayor volumen y clientes estables, si bien Sebastián tiene intermediarios a

los consumidores sus productos no son trasladados hasta el Mercado Central para ser redistribuidos. Liliana, en cambio, aunque produce cerca debe realizar una distribución personal a 20 km, lo cual convierte la logística en un costo -monetario y de tiempo- asumido por la productora, que por decisión propia mantiene a cortas distancias para preservar la frescura de los productos. Aplicando lo desarrollado en el punto 2.3 de esta investigación reduciendo la huella de transporte a menos de 50km del consumidor. Por parte de Mariano, provee directamente a los consumidores mediante el método harvest-to-order de esta forma evita pérdidas postcosecha y cosecha bajo demanda como se detalla en el subcapítulo 2.4.1.

El tipo de integración que tienen los entrevistados puede verse a lo largo del capítulo 2.2.1, donde se plantea que la instalación de sistemas CEA en cercanía a centros urbanos se presenta como solución a interrupciones logísticas y promoviendo la descentralización productiva y reduciendo las ineficiencias tanto logísticas como productivas debido al transporte por camiones refrigerados.

La temporalidad también confirma las predicciones teóricas. Mariano y Sebastián reportan continuidad anual sin interrupciones en los cultivos seleccionados. Mientras que Liliana debe ajustar cultivos según la estación, también detalló que los precios a los cual ella ofrece varían según la disponibilidad que pueda tener, dado su limitación espacial de su invernadero y la prueba esporádica de algún otro tipo de producto. Esto coincide con la literatura sobre CEA expuesta por MAGyP (2023) en el apartado 2.4.2.: las fluctuaciones responden a variabilidades climáticas, y la posibilidad de mantener una producción continua y estable durante el año permite una previsibilidad de la oferta-demanda.

Variable 3. Resiliencia y seguridad alimentaria urbana

Finalmente, en cuanto a disponibilidad, los entrevistados aseguran abastecimiento estable y ciclos continuos, lo cual confirma lo presentado en el marco teórico (capítulo 3): la producción en entornos controlados aumenta la estabilidad del suministro y la calidad alimentaria urbana, abarcando de esta manera las tres definiciones de resiliencia (productiva, logística y socioeconómica) desarrolladas en el trabajo de investigación.

En cuanto a la dimensión de acceso, planteada por FAO en el subcapítulo 3.2.2, introduce un desacople con las perspectivas de los entrevistados. Si bien Mariano y Liliana, coinciden en que la cadena de distribución corta reduce costos en el producto final y debería traducirse a precios más bajos, los tres entrevistados ven sus productos con un valor agregado debido principalmente a la inocuidad productiva. Esto buscan traducirlo al precio para posicionar, si bien manifestaron que los precios finales se manejan en referencia al mercado. El cumplimiento de la dimensión de acceso no depende de acortar la proximidad logística sino de una estrategia comercial o estructura de costos.

En términos de estabilidad productiva, los resultados empíricos de las tres experiencias corroboran los postulados teóricos: el cultivo hidropónico en ambientes controlados mitiga la variabilidad mensual y asegura la continuidad operativa anual. Tal como se profundiza en el subcapítulo 3.3.1, la estabilidad se erige como la fortaleza principal del sistema, manifestándose de manera transversal independientemente de la escala tecnológica o de la eficiencia en la gestión de las cosechas.

En conjunto, la evidencia empírica y el marco teórico se refuerzan mutuamente: el modelo tecnificado logra materializar las promesas de la agricultura urbana avanzada productividad, estabilidad, resiliencia y eficiencia logística, pero requiere alta inversión inicial y conocimiento técnico. El modelo artesanal ofrece disponibilidad básica y continuidad, pero mantiene una

vulnerabilidad residual frente al clima y los límites de la infraestructura. La convergencia entre teoría y datos sugiere que la agricultura urbana puede ser una herramienta real de resiliencia urbana, pero solo si se acompaña de infraestructura adecuada, redes de apoyo y políticas que garanticen que los beneficios tecnológicos no se traducen exclusivamente en productos premium, sino también en alimentos accesibles para la población urbana.

4.3.1 - Análisis diferencial de Osgood

A partir de la realización de las entrevistas y su análisis mediante el cuadro comparativo, se resolvió profundizar el estudio mediante la aplicación del método diferencial semántico de Osgood, con el propósito de complementar la interpretación cualitativa con una aproximación cuantitativa perceptual. Este instrumento permite analizar la percepción y los significados asociados a determinados conceptos a través de escalas bipolares, posibilitando la evaluación sistemática de las dimensiones identificadas durante las entrevistas.

El análisis se orientó a determinar el posicionamiento de los entrevistados respecto de tres ejes principales:

- El nivel de integración tecnológica en relación con el rendimiento de las cosechas.
- La independencia frente a factores climáticos, vinculada al grado de control ambiental disponible.
- La estabilidad de la producción a lo largo de los ciclos, en función del nivel de integración comercial alcanzado.

Para tal fin, se diseñó una escala de valoración de -5 a 5, que permitió cuantificar con mayor precisión la percepción de los encuestados respecto a los ejes analizados, contribuyendo a una interpretación más estructurada y comparable de las respuestas obtenidas.

V1 - Integración de granjas verticales urbanas

Los resultados vistos en este cuadro (figura 16) evidencian que una mayor inversión en infraestructura e integración tecnológica se asocia directamente con un incremento en los rendimientos de las cosechas. Todos los entrevistados coincidieron en que, en comparación con la agricultura tradicional, los sistemas de cultivo en ambientes controlados ofrecen niveles de productividad superiores. Sin embargo, la magnitud de esa mejora depende en gran medida del grado de tecnificación y de la capacidad de adaptación de las estructuras a los requerimientos específicos de cada cultivo y de la locación.

En este sentido, se observa una diferencia significativa entre los sistemas analizados. El caso de Liliana Osorio presenta una configuración que demanda una supervisión diaria y una intervención manual constante, lo cual limita la escalabilidad de los rendimientos al depender del tiempo y la dedicación del operador. En cambio, los sistemas implementados por Verde Agua y Acrule incorporan niveles básicos de automatización, especialmente en el control de la solución nutritiva, lo que reduce la carga operativa y facilita una gestión más eficiente del cultivo, otorgando a los productores una ventaja competitiva en términos de rendimiento y estabilidad productiva.

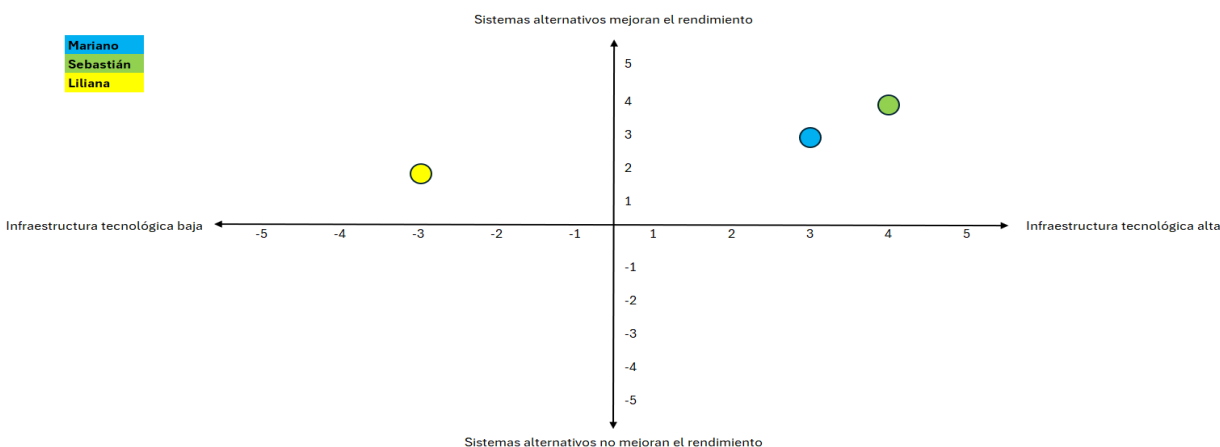


Figura 16 (Fuente: elaboración propia)

V2 - Dependencia de factores climáticos o logísticos

El análisis comparativo muestra que el nivel de control ambiental mantiene una relación directa con la dependencia frente a los factores climáticos, resaltando la importancia de poder contar con mecanismos de resguardo ante variaciones térmicas o meteorológicas extremas. La implementación de invernaderos o sistemas instalados en entornos protegidos se presentan como una estrategia fundamental para garantizar la estabilidad productiva y la calidad del cultivo.

En el caso de Verde Agua, se observa la presencia de un sistema de invernaderos con regulación térmica pasiva, que permite ajustar la temperatura mediante la apertura o cierre de paneles, reduciendo significativamente la exposición a los cambios climáticos. Por su parte, Pacha Kausal opera en un invernadero de construcción propia, cuya altura inferior a la recomendada para instalaciones hidropónicas genera una mayor susceptibilidad a las temperaturas extremas de calor o frío. Si bien esta condición no implica necesariamente pérdidas productivas, sí puede repercutir en el proceso de crecimiento del cultivo, afectando el estándar que Liliana Osorio busca mantener para posicionar un producto de alta calidad.

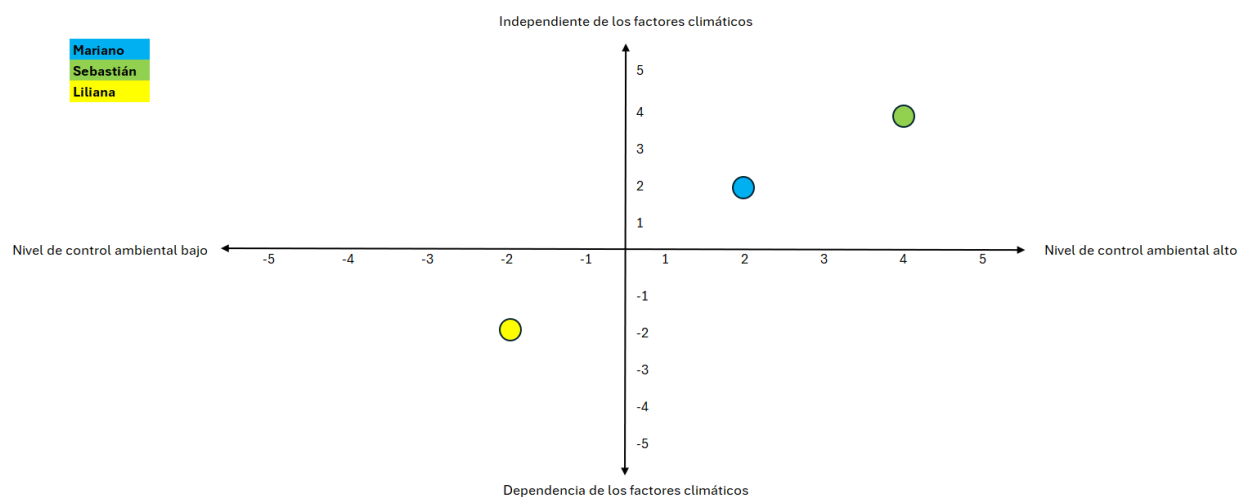


Figura 17 (Fuente: elaboración propia)

V3 - Resiliencia y seguridad alimentaria

Finalmente, se llevó a cabo un análisis orientado a situar a los productores en función de la estabilidad de su producción, considerando su capacidad para sostener los volúmenes de cultivo a lo largo del año y la forma en que su estructura productiva condiciona la integración comercial. En este sentido, tanto Acrule como Verde Agua evidencian una alta estabilidad productiva, resultado de la adaptación de sus infraestructuras y del adecuado ajuste entre las condiciones ambientales y los requerimientos técnicos de sus sistemas. Esta continuidad les permite mantener una producción ininterrumpida, asegurando el abastecimiento constante y la posibilidad de ampliar su base de clientes a lo largo del tiempo.

Además, dicha estabilidad favorece la planificación logística y comercial, ya que una oferta continua implica mayores oportunidades de inserción en mercados locales, aunque también incrementa los costos logísticos asociados al crecimiento en las ventas y la distribución.

Por su parte, Pacha Kausal presenta una estabilidad intermedia, sustentada principalmente en cultivos de lechuga —de ciclo continuo— complementados con variedades estacionales que permiten diversificar la oferta. Sin embargo, la gestión logística autogestionada por Liliana Osorio y su esposo, junto con las limitaciones de infraestructura productiva, restringen la posibilidad de escalar la producción. En consecuencia, la estabilidad del sistema se ve condicionada por factores operativos y estructurales que reducen su capacidad para alcanzar un flujo productivo sostenido y competitivo.

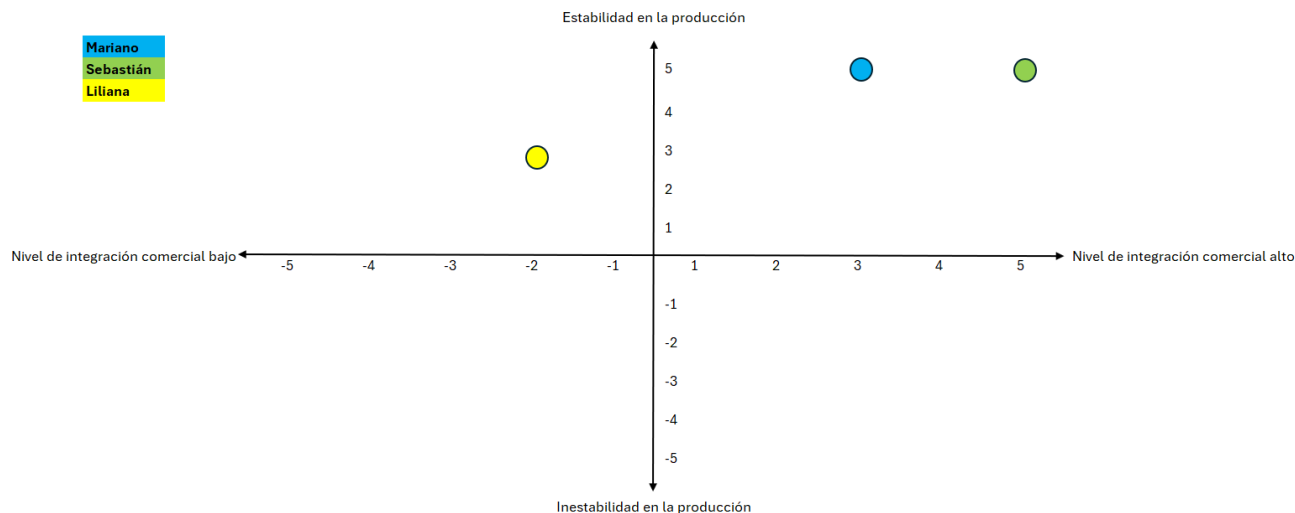


Figura 18

(Fuente: elaboración propia)

Triangulación metodológica

En este apartado se presenta la triangulación metodológica de los instrumentos aplicados durante el trabajo de campo, que incluyen entrevistas a expertos, análisis de casos de éxito y fracaso, y encuestas dirigidas a actores del mercado. Mediante el cruce e integración de estos datos, se busca fortalecer la validez y la consistencia de los resultados, permitiendo contrastar percepciones, evidencias empíricas al marco teórico, con la finalidad de profundizar en la comprensión integral del fenómeno estudiado, en lo referente a la viabilidad y potencial de integración de las granjas verticales como complemento al sistema tradicional de producción hortícola.

Relacionado con la variable de independencia climática y estabilidad junto al cruce de datos, esta queda validada absoluta y transversalmente. Como hemos mencionado a lo largo de la investigación, la agricultura tradicional se enfrenta a una vulnerabilidad crítica ante factores meteorológicos. Esta premisa fue ratificada por la “voz del mercado”, cuando el 50% de los encuestados identificó a los problemas climáticos como la principal causa de escasez y un 75%

confirmó notar cambios significativos en la calidad de los productos según la estación del año. A su vez, esta percepción de inestabilidad se contrasta y valida con la visión de los expertos, quienes coincidieron que los sistemas CEA generan un aprendizaje que es acumulable y que permite sostener ciclos regulares independientemente de la estacionalidad. Sin embargo, su aplicación real puede estar condicionada a la adaptación local de los sistemas, siendo uno de los casos entrevistados ejemplo de que no tener una infraestructura adecuada a la adaptación climática puede llevar a tener desafíos constantes con el clima o con limitación productiva. Por su parte, los casos terminan de cerrar esta idea: mientras el caso MAPHI demuestra la viabilidad técnica extrema produciendo en la Antártida, el caso ADBlick confirma la viabilidad comercial de estos sistemas, con una producción continua de frutillas a lo largo de todo el año y eliminando el factor de estacionalidad que fue señalado como la principal problemática operativa. Con el caso de fracaso analizado (AeroFarms) nuevamente se comprueba la importancia de realizar un estudio de lugar para la situación de las granjas productivas, mostrando como el montar una CEA con tecnología de punta no garantiza su rentabilidad a largo plazo si no se adapta a los requerimientos de mercado local.

Analizando la variable de logística y proximidad, la triangulación de datos nos ofrece un panorama de oportunidad de aplicación. Por un lado, las encuestas logran evidenciar la carencia estructural del abastecimiento local, debido a que un 45% de los encuestados afirmó recibir muy poca o nula mercadería producidas en zonas cercanas al AMBA, adquiriendo productos principalmente del Mercado Central como nodo federal de redistribución, validando la posibilidad teórica de la producción “kilómetro cero” o en cercanía, complementariamente los encuestados expresaron la ineficiencia del sistema logístico mediante la exposición a mermas por

traslado y frescura, donde un 35% reportó pérdidas de entre 20 y 30% o más, y un 80% reportó pérdidas de más del 5%. A su vez, estos coincidieron en un 70% que los costos de transporte influyen mucho en el precio percibido por los consumidores. Por su parte, los entrevistados validan los beneficios de frescura y calidad acercando la producción a los centros de consumo, sin embargo, la logística sigue representando un cuello de botella en la escalabilidad de estos sistemas, dado la limitación operacional para abastecer grandes demandas. Los casos de éxito dan una solución parcial a esta temática, donde el caso MAPHI logró abastecer de manera eficiente una población a menos de un kilómetro, pero enfrenta la misma limitación en cuanto la magnitud de la producción. Por su parte, el caso ADBlick ubicada en un sector periurbano muestra como una ubicación estratégica elimina este tipo de mermas y permite dar una oferta de productos estable a grandes centros de consumo.

En lo referido a resiliencia y seguridad alimentaria, la triangulación de los datos revela una discrepancia significativa respecto de la dimensión de accesibilidad de este tipo de producción alternativa. Por un lado, los expertos entrevistados señalan que la principal barrera de acceso no es el precio, sino el desconocimiento que aún existe sobre estos sistemas y sus beneficios. Desde su perspectiva, la falta de información limita la adopción, pero también evidencia un amplio potencial de crecimiento: a medida que aumente la concientización sobre las ventajas de estos métodos, tanto la oferta como la demanda podrían expandirse de manera sostenida. Por otro lado, los actores del mercado encuestados identifican una barrera distinta: el precio de venta de los cultivos producidos mediante sistemas de cercanía y tecnologías controladas. Si bien un 90% de los vendedores afirma conocer las técnicas de producción (CEA), sólo un 35% declara que compraría verdura producida localmente bajo estos sistemas, mientras que un 60% condiciona su decisión al precio de obtención. En referencia a esta dimensión, los casos de análisis también

muestran resultados diversos, el caso fallido de AeroFarms con un desarrollo demasiado optimista cayó en quiebra debido a los altos costos operativos y de inversión en capital, mientras que el caso local ADBlick apunta a crear una estabilidad de productos mediante la eficiencia de recursos para de esta manera generar una uniformidad en los precios y costos.

En términos de disponibilidad y estabilidad, la aplicación tecnológica permitirá desacoplar la producción del clima y garantizar la resiliencia productiva (que haya alimento) y que sea de calidad (inocuidad). Sin embargo, el poco conocimiento sobre los beneficios de este tipo de productos genera incertidumbre frente a la aceptación de los precios que pueda llegar a tener los consumidores.

Conclusión

El desarrollo de esta investigación permitió comprender en qué medida la agricultura vertical y los sistemas hidropónicos constituyen una respuesta viable a la problemática planteada inicialmente: la creciente vulnerabilidad de la producción hortícola tradicional ante el cambio climático, el uso intensivo del suelo, el consumo excesivo de agua, el uso de agroquímicos y la dependencia de cadenas logísticas largas que generan emisiones, mermas y pérdida de frescura. A partir del análisis teórico, las encuestas y las entrevistas, se evidenció que las granjas verticales urbanas pueden mitigar estos desafíos, aunque su efectividad depende del nivel de infraestructura implementado y de las condiciones operativas de cada productor.

Los hallazgos confirman que el control ambiental es un factor determinante para la producción urbana. Las granjas tecnificadas permiten desvincular la producción de las variaciones climáticas, eliminando interrupciones y manteniendo ciclos estables durante todo el año. Este comportamiento fue evidenciado en las experiencias de Mariano y Sebastián, quienes mostraron mejoras del 20–30% en los ciclos y continuidad incluso en condiciones externas adversas, validando la literatura del CEA. Sin embargo, también se observó que esta ventaja no se materializa en sistemas incompletos: el caso de Liliana demostró que los entornos semi-controlados siguen siendo vulnerables a olas de calor y carecen de la resiliencia prometida. Así, la tecnología resuelve la preocupación principal identificada en las encuestas, la inestabilidad sólo cuando la infraestructura es adecuada y consistente.

En relación con los cuellos de botella logísticos de la agricultura tradicional, la investigación mostró que las cadenas largas y la distancia promedio productor consumidor son responsables de pérdidas de hasta el 30% en la postcosecha, tal como reflejaron las encuestas. Las granjas urbanas, al acercar la producción a los consumidores, reducen significativamente estas mermas y mejoran la frescura y calidad del producto. No obstante, las entrevistas permitieron matizar este

hallazgo: la “proximidad” no elimina automáticamente la logística. Para productores de pequeña escala, como Liliana, el traslado sigue siendo un costo operativo importante que limita la eficiencia. Solo modelos con mayor escala o integración como ADBlick logran capitalizar plenamente los beneficios logísticos del cultivo urbano. En otras palabras, la producción cercana reduce el impacto logístico, pero su efectividad depende de la estructura comercial y organizativa del productor.

Asimismo, la investigación identificó una brecha entre las expectativas de los consumidores y la realidad productiva. Las encuestas revelaron una alta demanda de alimentos "locales, frescos y económicos", pero la evidencia demostró que la tecnología necesaria para garantizar estabilidad, inocuidad y continuidad implica costos elevados que posicionan estos productos en segmentos premium. Esto indica que las granjas verticales contribuyen de manera sólida a la seguridad alimentaria en términos de disponibilidad y estabilidad, pero no garantizan automáticamente el acceso económico, especialmente sin políticas públicas o modelos cooperativos que permitan democratizar los beneficios del CEA.

En relación con las preguntas de investigación, los resultados permiten afirmar que la agricultura vertical reduce significativamente el impacto ambiental al disminuir el uso de agua, eliminar pesticidas y reducir emisiones logísticas, cumpliendo con lo planteado en la justificación.

También se identificaron claramente los cuellos de botella de la agricultura tradicional, clima, transporte, mermas, degradación del suelo y se demostró cómo la proximidad productiva y el control ambiental de las granjas verticales reducen estas limitaciones. A su vez, las preguntas específicas fueron respondidas al demostrar que el control del ambiente es determinante para la estabilidad urbana; que la hidroponía permite ciclos más predecibles y menos pérdidas; y que la distancia logística es una variable crítica para la frescura y la reducción de mermas.

Estos resultados permiten responder al objetivo general del trabajo: analizar la contribución de las granjas verticales urbanas para disminuir la dependencia de factores climáticos y logísticos en la producción hortícola. La evidencia empírica y teórica confirma que estas tecnologías efectivamente cumplen esa función, aunque su desempeño varía en función del nivel de tecnificación e infraestructura.

En relación con los objetivos específicos, la investigación logró:

1. identificar los principales riesgos operacionales de la agricultura tradicional (clima, mermas, uso de químicos);
2. evaluar cómo el control ambiental y la proximidad mitigan estos riesgos;
3. demostrar los beneficios de las granjas verticales en frescura, estabilidad y reducción de emisiones;
4. explorar alternativas productivas urbanas en Argentina;
5. y evidenciar cómo la hidroponía disminuye el consumo de agua y mitiga impactos ambientales.

Por último, respecto de la hipótesis, los resultados permiten confirmar parcialmente. Las granjas verticales efectivamente disminuyen la dependencia climática y logístico-operacional, pero este impacto depende del nivel de tecnificación y del modelo de gestión. Cuando el sistema está correctamente implementado, la dependencia se reduce de manera contundente; cuando el sistema es incompleto, la vulnerabilidad reaparece.

En síntesis, las granjas verticales urbanas representan una vía prometedora para complementar la agricultura tradicional y fortalecer la resiliencia del sistema alimentario urbano. No obstante, su contribución plena requiere infraestructura adecuada, modelos logísticos eficientes y estrategias que permitan garantizar no solo estabilidad y disponibilidad, sino también acceso económico,

aspecto clave para que estas soluciones se integren de manera equitativa en la alimentación de las ciudades.

Bibliografía

- Agropro. (s. f.). *Noticias de interés: ¿Qué pasa con los nutrientes en los suelos argentinos?* <https://agropro.ag/noticias-de-interes-que-pasa-con-los-nutrientes-en-los-suelos-argentinos/>
- Agrospray. (2021). *Producción de soja en Argentina*. <http://agrospray.com.ar/blog/produccion-de-soja-en-argentina/>
- Al-Kodmany, K. (2018). The vertical farm: A review of developments and implications. *Buildings*, 8(2), 24. <https://doi.org/10.3390/buildings8020024>
- Atlas Scientific. (2024). *15 ventajas de la agricultura vertical*. <https://atlas-scientific.com/blog/advantages-of-vertical-farming/>
- ATTRA. (2024). *Agricultura vertical – ATTRA*. <https://attra.ncat.org/publication/agricultura-vertical/>
- Auer, A., Mikkelsen, C., & Laterra, P. (2024). Adopción de innovaciones tecnológicas sustentables agropecuarias en la provincia de Buenos Aires. *Revista de Desarrollo Rural y Cooperativismo Agrario*, 28(2), 45–63. Pontificia Universidad Javeriana. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/37309>
- Baldini, C. (2020). *Territorio en movimiento* [Tesis]. Universidad Nacional de La Plata. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/90102/Documento_completo.pdf
- Bao, Z., Li, Y., & Zhou, J. (2024). Energy efficiency in urban vertical farming systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 16(3), 145–162.
- Barsky, O., & Gelman, J. (2009). *Historia del agro argentino: Desde la conquista hasta comienzos del siglo XXI*. Sudamericana.
- Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: Vertical farming and controlled-environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 13(1), 13–26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>
- Beremblum, S. (2010). *Historia económica argentina*.
- Bogo, G., de Groot, G. S., Medici, S., Winter, J., Aizen, M. A., & Morales, C. L. (2023). Honeys from Patagonia revealed notable pesticide residues in small-scale agricultural landscapes in the past decade. *International Journal of Pest Management*, 1–9. <https://inibioma.conicet.gov.ar/detectan-la-presencia-de-pesticidas-en-la-miel/>
- Cadenazzi, M. (2009). *Boom de la soja en Argentina*.

- Calderini, G., & Coella, J. (2022). *Efectos nocivos sobre la salud de las personas: Agroquímicos*. INTA/CONICET.
- Carbono News. (2020). En 2019 fue récord el consumo de fertilizantes en Argentina. <https://www.carbono.news/recursos-naturales/record-en-el-uso-de-fertilizantes/>
- Casas, R. (1970). *Efectos de la intensificación de los suelos en la década del 70*.
- Cominiello, M. (2012). *Década del 60 – sojización*.
- Despommier, D. (2011). *The vertical farm: Feeding the world in the 21st century*. Columbia University Press.
- Earth.Org. (2025, enero 10). The environmental and health impacts of pesticides. <https://earth.org/the-environmental-and-health-impacts-of-pesticides>
- Erekath, S., Ramachandran, H., & Santhosh, M. (2024). Foods for the future: Exploring technologies and advancements. *Sustainability*, 16(1).
- FAO. (1996). *Declaration on world food security and World Food Summit Plan of Action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2021). *Assessment of agricultural plastics and their sustainability: A call for action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb4474en>
- FAO. (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2025). *Adaptation and resilience for sustainable food systems*. <https://www.fao.org>
- FAO. (2025). *Resilient food systems*. FAO Knowledge Repository. <https://www.fao.org>
- FAO / Mercado Central. (s. f.). *Experiencia: Calidad nutritiva y comercialización de hortalizas*. Open Knowledge / FAO. <https://openknowledge.fao.org/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s. f.). *Acerca de: Acción global sobre los servicios de polinización para una agricultura sostenible*. <https://www.fao.org/pollination/about/es>
- Freight Farms. (2024). *Los 10 principales beneficios de las granjas verticales en escuelas*. <https://freightfarms.com/blog/vertical-farm-on-campus>

Fundación CAUCE & Naturaleza de Derechos. (2024). *Plato fumigado: Agroquímicos en frutas y verduras en Argentina*. La Política Ambiental. <https://lapoliticambiental.com.ar/contenido/5561/plato-fumigado-la-comida-con-agroquimicos>

García, M. (2012). La comercialización de hortalizas. En *Análisis de las transformaciones de la estructura agraria hortícola platense* (pp. xx–xx). Universidad Nacional de La Plata. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/10915/18122/18/cap_8.pdf

Gunapala, R., De Silva, L., & Wijesinghe, A. (2025). Urban agriculture: A strategic pathway to building resilient food systems. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949911925000140>

HLPE. (2020). *Food security and nutrition: Building a global narrative towards 2030*. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition, FAO.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

Hortalan. (s. f.). *Insectos polinizadores*. <https://hortalan.com/ultimas-noticias/insectos-polinizadores/>

IICA. (2025). *Bayer, Farmtastica y el IICA inauguran en Costa Rica granja vertical que combina tecnologías digitales y agricultura urbana*. <https://iica.int>

InfoCampo. (2017). Afirman que el 42 % de las frutas y verduras que consumimos tienen exceso de plaguicidas. <https://www.infocampo.com.ar/afirman-que-el-42-de-las-frutas-y-verduras-que-consumimos-tienen-exceso-de-plaguicidas/>

InfoLEG. (2025). *Resolución 458/2025 – Manual de procedimientos para productos fitosanitarios*. Boletín Oficial de la República Argentina / SENASA. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-458/2025>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2023). *Intensificación sostenible de la horticultura en Mendoza y San Juan*. Cartera de Proyectos INTA. <https://cartera.inta.gob.ar/proyectos/2023-PE-L01-I004/es>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2024). *Hortalizas injertadas: Una alternativa productiva sustentable*. INTA Informa. <https://intainforma.inta.gob.ar/hortalizas-injertadas-una-alternativa-productiva-sustentable/>

INTA. (2018, noviembre 18). INTA investiga residuos de pesticidas en hortalizas y recomienda tratamientos domésticos. Casafe. <https://www.casafe.org/inta-investiga-residuos-de-pesticidas-en-hortalizas-y-recomienda-tratamientos-domesticos/>

INTA. (2023). *Impacto ambiental del transporte hortícola en la Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

INTA. (2024). *Informe anual sobre horticultura argentina y cambio climático*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

IPCC. (2023). *Sixth Assessment Report: Climate Change 2023 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPES-Food. (2024). *Building food security and resilience through territorial food systems*. International Panel of Experts on Sustainable Food Systems. <https://ipes-food.org>

Kirschbaum, D., Barón, C., Aguinaga, J., & Aquino, R. (2024). *Panorama y perspectivas de la horticultura nacional*. INTA. https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/INTADig_dafda77e812c15c2c2641e3e485ff4d2

Kirschbaum, M., et al. (2024). *Eficiencia energética y pérdidas poscosecha en el Mercado Central de Buenos Aires*. Universidad Nacional de La Plata.

Kobayashi, Y., Nakano, T., & Ishii, S. (2022). Indoor vertical farming as a climate-resilient crop production method. *Journal of Cleaner Production*, 380, 134753. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134753>

MAGyP. (2023). *Anuario de Producción y Sustentabilidad Agropecuaria Argentina*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

MCBA. (2018). *Informe técnico sobre comercio mayorista de hortalizas frescas en Argentina*. Mercado Central de Buenos Aires.

Merchán, A. A. G. (2016). *Valorización de la tierra en el cinturón hortícola platense*. <https://pdfs.semanticscholar.org/56bc/c9876242ea1c39fdbb26c6a0805af8524ad7.pdf>

Miilkiigrow. (2024). *Los desafíos de la agricultura vertical y su brillante futuro*. <https://www.miilkiigrow.com>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. (2021). *Informe sobre la producción hortícola nacional*. <https://www.magyp.gob.ar/informes2021>

Montel. (2025). *Principales desafíos para administrar una granja vertical*. <https://www.montel.com>

- New Scientist. (2022). *Las granjas verticales están proliferando en todo el mundo*. <https://www.newscientist.com/article/mg22129524-100-vertical-farms-sprouting-all-over-the-world/>
- Observatorio Socioambiental (UNICEN). (s. f.). *Vivir en pueblos fumigados con agrotóxicos aumenta el riesgo de padecer cáncer*. <https://www.soc.unicen.edu.ar/observatorio/index.php/22-articulos/314-vivir-en-pueblos-fumigados-con-agrotoxicos-aumenta-el-riesgo-de-padecer-cancer>
- Our World in Data. (s. f.). *Soybean yields*. <https://ourworldindata.org/grapher/soybean-yields>
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). (2024). *Climate-resilient pathways: Adaptation, mitigation, and sustainable development*. <https://www.ipcc.ch>
- Pérez, A., Giunta, A., Stafolani, V., Morcelle, S., & Arredondo, M. (2024). *Agroquímicos en la mesa de los argentinos: La incorporación de residuos de insecticidas, fungicidas y herbicidas con el consumo de hortalizas frescas*. Fundación Barceló. https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/RIBARCELO_5e9f53fc6905525381bdf22191e56f5e
- Piñeiro, M., & Villarreal, F. (s. f.). *Modernización agrícola en Argentina*.
- Plataforma Tierra. (2025). *Indoor farming: Agricultura sostenible y urbana*. <https://www.plataformatierra.es>
- ProduciendoConservando. (2023). *La agricultura vertical, ¿panacea o realidad?* <https://producirconservando.org.ar/la-agricultura-vertical-panacea-o-realidad/>
- Radio UNR. (2023, 2 de noviembre). *Qué pasó en la Argentina con un estudio global sobre impacto de agroquímicos*. <https://radio.unr.edu.ar/2023/11/02/que-paso-en-la-argentina-con-un-estudio-global-sobre-impacto-de-agroquimicos>
- Rogers, L. (2024). *Vertical farming and urban supply chains: Enhancing food security and resilience*. *Journal of Urban Agronomy*.
- Santander Trade. (s. f.). *Cifras de comercio exterior: Argentina*. <https://santandertrade.com/es/portal/analizar-mercados/argentina>
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Sasal, C. (2021). *Degradación de suelos hortícolas periurbanos: Causas y perspectivas de manejo sostenible*. INTA Ediciones.
- Sasal, M. C. (2021). *Efectos del monocultivo sobre la regulación del suelo*. INTA.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2023). *Informe sobre extremos climáticos y variabilidad interanual 2008–2023*.

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). (2024). *Pérdidas poscosecha y eficiencia logística del sector hortícola argentino*.

Sharma, A. (2025, enero 10). The environmental and health impacts of pesticides. *Earth.Org*. <https://earth.org/the-environmental-and-health-impacts-of-pesticides>

Tendall, D. M., Joerin, J., Kopainsky, B., Edwards, P., Shreck, A., Le, Q. B., ... & Six, J. (2015). Food system resilience: Defining the concept. *Global Food Security*, 6, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.08.001>

Universidad Nacional del Litoral. (2022). *Estudio sobre ocurrencia de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas representativas del consumo dietario santafesino*. Facultad de Ingeniería Química. <https://www.fiq.unl.edu.ar/vinculacion/estudio-sobre-ocurrencia-de-residuos-de-plaguicidas-en-frutas-y-hortalizas-representativas-del-consumo-dietario-santafesino/>

Villulla, J., & Hadida, F. (2012). Salto tecnológico, tiempos de trabajo y puestos laborales en la agricultura pampeana (1970–2010). *Revista de Trabajo y Territorio*, Universidad de Buenos Aires. <http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/10227/8949>

Yoigo Luz y Gas. (2025). *El impacto de la agricultura vertical en el consumo energético*. <https://www.yoigoluzygas.com/blog/impacto-agricultura-vertical-consumo-energetico/>

Zaręba, A., Kuczyńska, I., & Kucewicz, Z. (2021). Modular vertical farms: Controlled environment agriculture in any climate. *Resources*, 10(11), 109. <https://doi.org/10.3390/resources10110109>

Anexos

Anexo 1 - Encuesta

Encuesta sobre abastecimiento de hortalizas

En el marco de realización de un trabajo de investigación sobre la aplicación de sistemas hidropónicos en centros urbanos, buscamos datos sobre el impacto tienen los factores climáticos o logísticos en los métodos de producción hortícola tradicional.

- ¿Hace cuántos años compra/opera en el Mercado Central?

*

Menos de 1 año

1–3 años

3–10 años

Más de 10 años

Otro:

- ¿Con qué frecuencia suele tener dificultades para conseguir ciertas verduras?

*

Nunca

1

2

3

4

5

Muy seguido

- Cuando hay escasez o demoras, suele deberse principalmente a:

*

Problemas climáticos

Transporte/logística

Aumento de precios

Menor producción

- ¿Nota cambios en la calidad o frescura de las verduras según la época del año?

*

Si

No

A veces

- En promedio, qué porcentaje de la mercadería llega en mal estado o se pierde:

*

Menos del 5%

5–10%

10–20%

20 - 30%

Más del 30%

- ¿Cuánto cree que influyen los costos de transporte en el precio final al público?

*

Poco

1

2

3

4

5

Mucho

- ¿Recibe verduras producidas en zonas cercanas al AMBA?

*

Sí, la mayoría

Una parte

Muy poca

No sabe

No recibe

- ¿Ha escuchado hablar de las granjas verticales o la producción hidropónica urbana?

*

Si

No

- Si pudiera comprar verduras frescas producidas dentro o cerca de la ciudad, lo haría:

*

Si

No

Depende el precio

- ¿Qué factor cree que más afecta la continuidad del abastecimiento?

*

Clima (afecta a la producción)

Logística (demoras, paros, choques.)

Estacionalidad de los cultivos

Costos

Problemas de producción (ej: pestes)

Anexo 2 - Acceso a bibliografía utilizada para el análisis de casos

- **Caso de éxito MAPHI, Antártida Argentina. (Cap. 4.2.1)**

1. Birgi, J. A., Peri, P. L., Gargaglione, V., Araujo Prado, C. I., Díaz, B. G., González, L., Gesto, E., Hallar, K., Laguía, D., Sofía, O., & Díaz, M. (2023). Módulo Antártico de Producción Hidropónica: primeros resultados del cultivo en la Antártida Argentina. *Revista ICT-UNPA*, 15(3), 348–354. Universidad Nacional de la Patagonia Austral.

<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/220664>

2. Birgi, J. A., Peri, P. L., Gargaglione, V., Araujo Prado, C., Díaz, B., González, L., Gesto, E., Hallar, K., Laguía, D., & Sofía, O. (2022). Producción de vegetales en Base Antártica Conjunta Marambio, Antártida Argentina. *Revista IDIA* 21, 2(2), 55–60. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/203556>

3. Birgi, J. A., Peri, P. L., Gargaglione, V., Araujo Prado, C., Díaz, B., González, L., & Hallar, K. (2023). Calidad del agua para consumo humano y producción hidropónica en Bases Antárticas Conjuntas de Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) / Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

<https://repositorio.ina.gov.ar/items/7837ccc4-0272-490b-abb-4f9901cf7c85>

Argentina.gov.ar. (2024, 25 de marzo). Base Belgrano 2: Construyen el tercer módulo antártico de producción hidropónica. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de

<https://www.argentina.gob.ar/noticias/base-belgrano-2-construyen-el-tercer-modulo-antartico-de-produccion-hidroponica>

Argentina.gob.ar. (2025, 31 de octubre). Rumbo a la Antártida: se capacitan en producción hidropónica en el INTA San Pedro. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de

<https://www.argentina.gob.ar/noticias/rumbo-la-antartida-se-capacitan-en-produccion-hidroponica-en-el-inta-san-pedro>

Fundación Marambio. (s. f.). En la Base Marambio lograron que germinen lechuga y rúcula. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.marambio.aq/verdurasantarticas.html>

Fundación Marambio. (s. f.). Hidroponía en la Base Belgrano II. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.marambio.aq/hidroponiabelgranonii.html>

Fundación Marambio. (s. f.). Hidroponía en la Base Esperanza. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.marambio.aq/hidroponiaesperanza.html>

- **Caso de éxito ADBlick, Provincia de Buenos Aires (Cap. 4.2.2)**

ADBlick Agro. (2023). Agricultura de innovación – Plan de negocios 2023. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de

https://www.adblickagro.com/pdf/ADBlick_Hidroponia_Plan_de_Negocios_2023.pdf

AIANER. (2021, 4 de octubre). ¿Cómo es el invernadero hidropónico más grande la Argentina? Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de

https://www.aianer.com.ar/noticias/2635_como-es-el-invernadero-hidroponico-mas-grande-la-argentina.html

- **Caso de fracaso AeroFarms, Estados Unidos (Cap. 4.2.3)**

Agriitecture. (2025, 21 de mayo). Global CEA Census 2025: Share your insights today.

Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.agriitecture.com/blog/2025-global-cea-census-survey>

Business Insider. (2016, 15 de marzo). Inside AeroFarms, the world's largest vertical farm.

Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.businessinsider.com/inside-aerofarms-the-worlds-largest-vertical-farm-2016-3>

CoStar. (2023, 9 de junio). AeroFarms' bankruptcy filing illustrates trials of vertical-farming industry. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de

<https://www.costar.com/article/1859958548/aerofarms-bankruptcy-filing-illustrates-trials-of-vertical-farming-industry>

Fundación Producir Conservando. (2023, 17 de julio). La agricultura vertical, ¿panacea o realidad? Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://producirconservando.org.ar/la-agricultura-vertical-panacea-o-realidad/>

HortiDaily. (2025, 17 de octubre). Eden Green Technology announces closure, marking another major exit in U.S. vertical farming. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.hortidaily.com/article/9776021/eden-green-technology-announces-closure-marking-another-major-exit-in-u-s-vertical-farming/>

Perfil. (2021, 4 de octubre). ¿Cómo es el invernadero hidropónico más grande de la Argentina? Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.perfil.com/noticias/agro/como-es-el-invernadero-hidroponico-mas-grande-la-argentina.phtml>

ViLab. (2025, 26 de octubre). La agricultura vertical que sí cierra números – La granja vertical. Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://www.vilab.cl/p/granja-vertical>

Anexo 3 - Entrevistas a expertos

PREGUNTAS GENERALES

- 1- Podría describir brevemente su proyecto y a qué tipo de sistema productivo se dedica
¿Anualmente cuántos ciclos productivos estiman? Cuál es el rendimiento promedio por ciclo
(Kg útiles por ciclo) / (Kg total ciclo)
¿Cuál es el consumo de agua por ciclo? ¿Usan algún proceso de recirculación?
- 2- Tienen un monitoreo continuo del proceso? ¿Cuál es la frecuencia del mismo?
¿Tiene algún nivel de automatización? Cuáles son las métricas principales
- 3- Cuál es la frecuencia de alarmas en el proceso? ¿Cuál es el tiempo de recuperación tras los desvíos?
- 4- Existen acuerdos productivos o asociaciones con productores tradicionales? ((insumos, plantines, datos, distribución) Podría describir
- 5- Podría comentar cuáles son las barreras integración que tienen este tipo de producción (EJ: logística, normativas, escala, calidad, precios o costos)
- 6- En los últimos 12 meses, ¿algún evento climático ha afectado su producción? ¿Cuál fue el impacto en su volumen o continuidad?
- 7- Han sufrido demoras o desvíos a causa de problemas logísticos? Ya sea entrega de productos/insumos, mermas post cosecha por desvíos, etc
- 8- Cumplieron con su plan de cosecha el último semestre? ¿Qué razones suelen ser su principal desvío? ((clima, plagas, falta de insumos, demanda baja, etc.)
- 9- Tienen un % aproximado del número de ventas que hacen dentro del barrio? ¿Cuál es la distancia media del punto de entrega?
- 10- Qué nivel de precios proyecta con este metodo vs una verdulería tradicional? (bajo / Parecido / más alto

11- Hay meses de temporada baja en la producción? ¿cuál suele ser la variabilidad, y su razón?

12- Qué beneficios observa de este método de producción en cuanto a costos

13- Qué beneficios considera existen dentro de los medios de producción alternativos en comparación a lo tradicional

TRANSCRIPCIONES

ENTREVISTA EXPERTO - MARIANO MICHEL - ACRULE HIDROPONIA

<https://youtu.be/pVg0akN-uwk>

Francisco Cortina Téllez - Hola Mariano, nos presentamos somos Francisco, Ignacio y Nicolas. Como te comenté nos encontramos realizando un trabajo de investigación para UADE en el cual analizamos los beneficios que tiene incorporar granjas verticales o métodos de producción alternativa cerca de centros urbanos puede complementar a la producción tradicional, en base a la dependencia del clima y de la logística.

Bienvenido y bueno, podrías describir un poco tu proyecto qué tipo de sistema de producción utilizan.

Mariano Michel - ¡Buen dia! Bueno, nosotros tenemos como objetivo principal el querer alimentar de una manera más saludable a las personas. Y la herramienta que usamos, son las huertas hidropónicas en primer lugar, a su vez también comercializamos estos sistemas donde brindamos las huertas integradas con la bomba, el timer, los nutrientes y semillas. Todo para que la persona pueda comenzar a cultivar, y le enseñamos el paso a paso para que la persona pueda cultivar por su parte. Desde nuestro lugar notamos mucho la deficiencia en el tema del conocimiento de este tipo de sistemas de producción.

Por otro lado, integramos por otra parte, a las personas que quieren alimentarse mejor pero no quieren estar cultivando. Brindamos una huerta para emprendedores, donde nos dedicamos a vender la huerta de, por ejemplo, 300 plantas, donde le enseñamos a producir y esta persona se encarga de vender los alimentos directamente.

Francisco Cortina Téllez - Desde la producción que generan de manera hidroponía, ¿cuántos ciclos productivos estimas en su uso?

Mariano Michel - Teniendo en cuenta que las huertas que nosotros tenemos no son de gran escala, depende mucho de la variedad de producto que se plantee y las variables de quien esté produciendo, por lo que estimar la rotación de cultivo dependerá de cada caso y su intención. Pero para darles un ejemplo, mediante hidroponía en el cultivo de lechuga se pueden realizar entre 12 y 14 cosechas al año, siendo un ciclo de los más rápidos.

Francisco Cortina Téllez - Claro, es bastante rápido. Y en cuanto al rendimiento esto genera un diferencial de rendimiento frente a la producción tradicional. Desde tu perspectiva, ¿tenés un número que represente este diferencial de rendimiento?

Mariano Michel - Si, recontra. Es como un 3 a 1 de diferencia a favor de la hidroponía. Tiene dos razones principales; mediante hidroponía la planta recibe exactamente la cantidad de nutrientes que necesita y eso hace que la planta crezca con mayor velocidad. Otro motivo es que la hidroponía se realiza en distintas fases, se germina y luego se pasa la pasa al sistema hidropónico, esta fase anterior te permite organizar de mejor manera los ciclos productivos, sin tener que realizar todo en un mismo lugar.

Francisco Cortina Téllez -Desde nuestra investigación algo que se observó fue que, adicionalmente a esto que decís, mediante las formas tradicionales de producción además de

tener un ciclo más largo, los productores se encuentran con grandes mermas postcosecha. Desde tu perspectiva ¿notas algún beneficio que tenga la hidroponía en esta parte del proceso?

Mariano Michel - Si, en esta parte del proceso la hidroponía es superior en cuanto a rendimientos dado que la planta se cosecha con raíz, esto significa que la planta sigue viva permitiendo que tenga mayor tiempo de frescura en donde sea que se exponga para su venta, estimando 15 días de frescura post cosecha.

Otro beneficio está dado por el motivo de la forma en la que se produce, siendo en mesadas o torres, donde el acceso a la planta es mucho más práctico y eficiente a estar agachado extrayendo la cosecha de la tierra. Y esto mejora muchísimo el manejo de la cosecha.

Ignacio Barbeito - Hola Mariano ¿cómo estás? Quería consultarte acerca del agua utilizada en el proceso. Entiendo que se utiliza una bomba para que recircule el agua a través del tubo donde se posan los plantines. Mi consulta es sobre ¿si esa agua se reutiliza sobre la totalidad de la producción de ese conjunto de plantas, o se debe ir agregando agua? ¿Cómo se realiza el uso de agua?

Mariano Michel - Todo lo que compone al sistema hidropónico corresponde a un sistema cerrado, es decir que la única forma en la que se vaya es mediante evaporación o el consumo propio de las plantas, mayormente este consumo. La bomba de agua lo que genera es que desde el tanque principal circule por todo el circuito y vuelva al mismo, entonces la planta a medida que pasan los días consume agua y nutrientes. Para evitar problemas en el ciclo, cada cierta cantidad de días debe realizar el control en el tanque y agregar agua y nutrientes de ser necesario.

Francisco Cortina Téllez - Entonces se podría decir que el sistema no tiene un desperdicio de este insumo, más allá de la evaporación. No existe lo que en el agro tradicional se ve como escurrería.

Mariano Michel - Exactamente, es una de las ventajas más importantes en comparación con los métodos tradicionales. Lo que es la hidroponía ahorra un 90% del agua utilizada porque mediante esta circulación toda el agua se mantiene para la producción de las plantas. Como decís, cuando se produce en tierra uno riega y se escurre o se absorbe por la tierra, o incluso se puede contaminar con algún fertilizante o pesticida que haya sido aplicado antes.

A diferencia de esto, en la hidroponía no se utilizan productos contaminantes y la única forma en la que se vaya el agua es mediante evaporación o consumo.

Ignacio Barbeito - Genial. Uno en la hidroponía, optimiza tanto el uso de agua y evita el uso de fertilizantes o productos contaminantes, pero si se acrecienta el uso de energía. En cuanto a los costos, comparando a la agricultura tradicional, ¿crees que hay una diferencia de consumo representativa?

Mariano Michel - Comparativamente no podría decirte la diferencia que hay frente a la agricultura tradicional porque no he tenido este tipo de producción.

Si puedo decirte que cambia la estructura de costos, los relacionados a la agricultura tradicional son más; teniendo mayor mano de obra, laboreo de la tierra, productos químicos anti malezas e insectos que son de mayor frecuencia que en la hidroponía, además los costos de traslado como la nafta, fletes si no tenés movilidad propia.

Por su parte con la hidroponía si se incurre en más costos de electricidad, mano de obra más calificada, pero en menor cantidad, y la inversión de estructura es más alta.

Teniendo en cuenta los costos variables únicamente, el costo por planta es menor en hidroponía.

Francisco Cortina Téllez -Yendo a esto de poner a punto la estructura hidropónica, una vez armada ¿qué tipo de monitoreo utilizan para asegurar la salud de la plantación? ¿utilizan algún nivel de automatización?

Mariano Michel - En este tipo de producción se puede automatizar en su totalidad, sin requerir intervención en el proceso más allá del mantenimiento. Existen sensores que miden y controlan la conductividad eléctrica (nutrientes), el PH del agua, la iluminación, capacidad de aire del invernadero en donde se encuentre la plantación, temperatura y humedad de las plantas.

Francisco Cortina Téllez - Entonces según el requerimiento que tenga cada planta, se puede hacer un control total.

Mariano Michel - Si, así como decís. En España y China, existen empresas que realizan producción hidropónica dentro de containers donde en su interior todos los factores que afectan a las plantas están controlados. Temperatura, iluminación, humedad y el sistema hidropónico, entonces producen dentro de ese mismo container, y lo pueden realizar en cualquier parte del mundo. Hay pruebas realizadas en la base argentina en la Antártida.

Francisco Cortina Téllez - Ese ejemplo que mencionas lo leímos durante la investigación y tenemos como referencia. Si bien tiene su complejidad, obvio. Es tan posible el producir en cualquier parte del planeta que el incurrir en estas ineficiencias logísticas y daños al medio ambiente por mantener un sistema es algo, que se podría hacer de manera mucho más simple. En cuanto a esta automatización, o el cuidado mismo de las plantas. ¿Crees que más allá del nivel de control hay que estar encima del sistema o es algo que se automatiza y puede autoabastecerse? más allá del mantenimiento que requiera.

Mariano Michel - Si bien se puede automatizar, la planta en el sistema hidropónico es dependiente, dependiente del agua que necesite para crecer. Puede pasar que se corte la luz, y si la automatización no está resguardada frente a esto puede pasar que se pierda toda la producción por falta de riego. Todo va a depender de la automatización que tenga ese sistema y del manejo que se realice en base a precauciones.

Francisco Cortina Téllez - En cuanto a las barreras de integración, anteriormente mencionaste el conocimiento principalmente técnico, aunque también del producto en sí. ¿Encontras algún otro tipo de barrera que limite a la hidroponía a hacerse popular?

Mariano Michel - Mas que nada es el conocimiento técnico, y la alta inversión inicial para poder empezar con este tipo de producción. Aunque nosotros damos un servicio de seguimiento, esa barrera técnica es menos complicada de lo que parece, pero sigue siendo un limitante.

Francisco Cortina Téllez - Y desde el lado del consumidor, ¿notás algún prejuicio en cuanto al producto? como especulando que al ser hidropónico no sea del todo natural, o es mucho más caro.

Mariano Michel - Si, lo noto. Depende quizás la región, donde las personas están más acostumbradas a esto de la hidroponia. En Ciudad de Buenos Aires, puede que sea algo más usual y que dependa del consumidor si elige comer hidropónico o no. Por otro lado, en lugares más chicos, es notorio que las personas aún piensan que lo que viene de la tierra es mejor que los cultivos hidropónicos, simplemente por el hecho de que desconocen del método productivo. Pero es cuestión de que prueben este tipo de productos para que noten que hay una diferencia sustancial a los productos hechos en tierra, y por lo general una vez que prueban por elección eligen consumir productos hidropónicos.

Francisco Cortina Téllez - Entiendo, imagino que tiene gran parte que ver la naturalidad del proceso por esto que mencionas. El que uno mismo puede estar presente desde la germinación, y durante el crecimiento de la planta hasta cosechar uno mismo.

De uno estar presente durante el proceso completo, ¿no se suele entrar en desvíos o pérdidas durante el proceso? Mas allá de algún extraordinario como un corte de luz, pero que puede enmendarse de alguna forma

Mariano Michel - Exacto, si vos le das un mantenimiento diario de voy y controlar cómo está funcionando el sistema, no hay problema. Si pueden haber factores que aparezcan por temas de desconocimiento, por ejemplo situar la huerta en un lugar donde no tiene sol, o que el agua sea de mala calidad, o que el PH no se baje.

Es por eso que brindamos este servicio de seguimiento, donde damos recomendaciones y seguimiento al proceso, donde de seguirlo es imposible fallar.

Ignacio Barbeito - Teniendo en cuenta el precio de venta de estos productos ¿consideramos que, por ejemplo una lechuga hidropónica, tiene que ser más alto el precio al de una lechuga tradicional?

Mariano Michel - Si, yo considero que tiene que ser más caro por el valor agregado que tiene. Uno porque es una planta de mejor calidad, la planta tiene mayor duración post cosecha, y en cuanto a sanidad y nutrientes ya que no tiene tierra ni desperdicios derivados.

Francisco Cortina Téllez - Te quiero consultar sobre la temporalidad de los productos, con esto que mencionaste de que cada huerta tiene que cumplir con los requerimientos necesarios de luz. ¿Cada producto tiene su temporalidad anual específica, o se puede controlar el sistema y adaptar para producir durante todo el año?

Mariano Michel - Todo lo que son las plantas tiene su ciclo, en cuanto a luz, temperatura y nutrientes. Pero si vos logras adaptar esos requerimientos y condiciones para que la planta se desarrolle durante cualquier época del año, vas a poder cultivar.

Por ejemplo la albahaca, que es una planta que necesita mucho calor y es de verano, si en invierno logras tener un ambiente controlado con buena luz artificial y calor. Vas a poder cultivar sin problema.

Francisco Cortina Téllez - Buenísimo, eso es algo que inspira mucho y creemos que tiene mucha incidencia en la importancia de este tipo de sistemas. Poder producir algo lo más orgánico y natural posible, para ofrecer al público.

Más allá de que estos productos sean orgánicos, nosotros vemos la importancia de este tipo de sistemas en la sostenibilidad en el tiempo que presentan frente a la crisis ambiental y mejorar el acceso a las personas. Teniendo en cuenta también que los centros urbanos cada vez concentran más personas y se centralizan.

Nos gustaría tener tu opinión, más allá de ser un productor. ¿Cuál crees que pueda llegar a ser el mayor desafío para poder implementar esto con un impacto considerable en la sociedad?

Mariano Michel - Acá aprovecho a hacerte una aclaración, la hidroponía no realiza productos orgánicos. Por el motivo de que todo lo que son los nutrientes, es muy complejo realizar una formulación equilibrada para hidroponía que sea orgánica y estandarizada. Las que se consiguen son de síntesis química mediante productos orgánicos, es por eso que no se considera a la hidroponía como producción 100% orgánica. Si agroecológica, pero no orgánica.

En cuanto a la tema de visión a futuro, en no un largo plazo yo considero que es la agricultura del futuro. Por el motivo de las ventajas que tiene frente a la producción tradicional, teniendo en cuenta principalmente el uso de los recursos, ahorro del agua, ahorro del espacio, poder producir en cualquier lugar. Reducción de distintos tipos de contaminación que permite cuidar el medio ambiente. Desde Argentina, lo que yo veo es que recién se está dando a conocer, que es algo bueno porque su desarrollo está en un 1% de lo que puede ser y lo que se puede llegar a lograr.

Francisco Cortina Téllez - Como decís, quizás acá donde parece algo novedoso, pero habiendo países que han empezado antes a aplicar este tipo de producción, han logrado perfeccionarlo para hasta exportar productos.

Nosotros en Argentina al tener un país tan extenso, el aprovechamiento de los espacios consideramos que es algo fundamental para no entrar en deficiencias principalmente logísticas que a veces se ven afectadas adicionalmente por motivos sociales.

Ya cerrando la entrevista, queremos agradecerte por tu tiempo. Creemos que el que existan este tipo de proyectos impulsan, así como decis que el objetivo es vender productos de calidad. Es lo que nos motiva en este estudio, poder producir localmente de forma sostenible y con el mejor cuidado del ambiente posible, que además no tenga que producirse con químicos para poder mantener una estructura logística que quizás un producto tiene que viajar 300 km para llegar a un intermediario para consumo.

Ignacio Barbeito - agradecerte, para nosotros además de ser una charla muy enriquecedora nos sirve mucho para nuestro análisis y también para entender de primera mano cómo es el proceso de producción. Muchas gracias por el tiempo y felicitaciones por lo que están haciendo que está buenisimo.

Mariano Michel - ¡Un gusto! Cualquier duda que vayan teniendo de cualquier manera no duden en contactarme, no hay ningún problema. Puede que tarde un poco en contestar los audios pero llegará la respuesta. Un abrazo grande

ENTREVISTA EXPERTO - SEBASTIAN PADIN - VERDE AGUA (QUILMES)

<https://youtu.be/Kz1EE3pqieo>

Francisco Cortina Téllez - Hola Sebastian, un gusto tenerte. Somos Ignacio, Nicolás y Francisco, nos encontramos cursando la materia de Trabajo de Investigación Final en UADE. Queríamos antes que nada darte la bienvenida y agradecerte por tomarte el tiempo de tener esta entrevista.

Puedes presentarte y contarnos un poco de que se trata tu negocio en relación a la producción alternativa de hortalizas.

Sebastián Padin - Gracias a ustedes, me parece muy bueno que cada vez más jóvenes se metan en el mundo de la hidroponía. Soy Sebastián Padín, soy director y fundador de Verde Agua Argentina una empresa B certificada que tiene poco más de 7 años de existencia. A comienzos del proyecto, la idea fue que cada uno de nosotros pudiese producir con hidroponía en terrazas y casas. De esta forma gestamos los primeros años de la empresa instalando pequeños huertos hidropónicos en balcones, terrazas, restaurantes a lo largo del país pero a pequeña escala. Con el pasar de los años nos dimos cuenta que el impacto real de esta forma de producir está orientada a la producción comercial, en otros países el crecimiento de este tipo de producción ha sido enorme mientras que en la Argentina se está progresivamente empezando a desarrollar. Fue así que empezamos a desarrollarnos como fabricantes de los perfiles o sistemas de producción, hoy en día somos los fabricantes más grandes de perfiles en Argentina orientados a los productores hidropónicos comerciales pero a su vez seguimos con el ADN de poder cosechar en el hogar. Durante estos últimos años nos hemos dado cuenta que el mayor impacto ambiental está dado por la producción local a nivel comercial. Como ustedes sabrán o habrán investigado, los dos mayores beneficios de la hidroponía son el ahorro de agua mediante el uso de sistemas cerrados

que permite producir en lugares donde no hay agua, y por otro lado la reducción del uso de fertilizantes y agroquímicos de lo que es la producción tradicional a tierra. Adicionalmente en densidad territorial, puedes producir mayor cantidad en menor densidad con menor mano de obra, lo que hoy en argentina está creciendo mucho a largo de todo el país, principalmente en el interior del mismo desde Misiones hasta la Base Marambio en la Antártida, hay perfiles de nuestra fabricación.

Francisco Cortina Téllez - Excelente, que gran recorrido. Como te habíamos comentado previa a esta reunión, el objetivo de nuestra investigación consta de comprobar la utilidad que puede tener el fomentar este tipo de producción comercial sostenible como lo es la hidroponía, sobre todo cerca de centros urbanos. Como decís, viene en crecimiento, nosotros vemos la oportunidad de complementar al sistema hortícola argentino que se encuentra sectorizado en una parte del país, y mediante la aplicación de estos sistemas permitir abastecer a los distintos centros urbanos de productos frescos producidos localmente.

En la introducción hablaste sobre la densidad productiva de estos sistemas, cuál podrías decir que es el rendimiento y cambio en tiempos promedio que tienen estos sistemas sobre la agricultura tradicional?

Sebastián Padin - Dependerá siempre de dónde está, el invernadero, el clima... pero es un ciclo mucho más rápido. En promedio entre un 20 o 30 % más rápido, son muchas las condiciones, variables y demás. Pero los ciclos son más eficaces en este sentido, se pueden sacar más ciclos y durante todo el año.

Francisco Cortina Téllez - Entiendo, y en cuanto al rendimiento aplicando el uso de hidroponía. ¿Se obtienen también menos desperdicios? en cuanto al producto final.

Sebastián Padin - Si, un gran beneficio que tiene la hidroponía en esos sistemas NFT. Es que uno cosecha la planta viva. Hoy en día hay mucho desperdicio a nivel de alimento, en cuanto a lo sobrante luego del corte y que por lo general se tira debido a que se pudra.

En cambio en hidroponia uno cosecha la planta viva, con raíz. Y eso va directo al consumidor o al supermercado, y si se respeta el cuidado post cosecha, al consumidor le llega una planta viva que puede tener en almacenamiento durante 1 semana sin problemas. En este sentido es muchísimo el desperdicio que se ahorra en comparación a las cadenas tradicionales, más aún teniendo en cuenta lo que nosotros llamamos “kilómetro 0” que consta de tener a los productores siempre en cercanía de los consumidores para reducir aún más los desperdicios de alimentos así como también la contaminación asociada a el transporte de alimentos.

Ignacio Barbeito - ¿Crees que el alimento producido en hidroponia versus tierra está equiparando?

Sebastián Padin - No para nada, si bien no hay un número específico de comparación, el volumen productivo de la hidroponia y aeroponia sigue siendo muy chico frente a los cultivos tradicionales. Que no representa algo negativo sino el gran espectro de crecimiento que tiene este tipo de producción. En países más avanzados como Brasil, se dice que el 60 o 70 % de cultivos por ejemplo lechuga, son hidropónicos.

Ignacio Barbeito - Perdon no, me refería al rendimiento hidropónico. ¿Es mucho más alto el de hidroponía que el tradicional? Lo mismo que con el consumo de agua ¿hay algún estimado porcentual? ¿Y que sea un sistema cerrado no implica que se ensucie el agua que se recircule?

Sebastián Padin - Por metro cuadrado si, se sacan mayor cantidad de plantas. En cuanto al ahorro de agua depende del sistema y cómo está armado, se ahorra un 90% de agua frente a lo que es cultivo en tierra. Porque básicamente el agua, es absorbida por el agua o se evapora, al ser

un circuito cerrado no hay desperdicios por filtración a la tierra o contaminación. Mientras mayor calidad tenga el sistema hidropónico, menor va a ser la evaporación de agua que habrá. En cuanto a la limpieza del sistema, al contrario, la recirculación del agua permite que se mantenga impoluta frente a pestes como caracoles, hormigas. Si bien sí existen algunas que puedan afectar a los cultivos, el control sobre estas es mucho más sencillo y accesible que el cultivo en tierra.

Francisco Cortina Téllez - Sebastián, yendo a esto que mencionas sobre el control. Por lo que hemos investigado, entendemos que los sistemas se pueden automatizar en gran medida. ¿Hasta qué punto la automatización se puede realizar y esto implica una mejora en el monitoreo de los cultivos?

Sebastián Padin -Sí a ver se puede automatizar casi todo el proceso, lo cultivado no dejan de ser plantas y vegetales no algo mágico. Requiere en cierta medida el ojo del productor, ingeniero y demás. Pero hay muchas automatizaciones que se pueden realizar, dependerá de la voluntad de modernización del usuario, como de la posibilidad de acceder a esos componentes. Acá en Argentina, por ejemplo en Base Marambio está realizado a escala mucho más pequeña porque el sistema está metido en un container, se automatizó todo lo que es control de luz, temperatura, y riego. Como la automatización tiene un costo, dependerá de la dimensión del lugar el costo beneficio de la automatización.

En cuanto a lo que es riego, si o si se puede automatizar de una manera muy sencilla en la cual se debe controlar el suministro de agua y nutrientes únicamente, pero programar un monitoreo de esto también es muy accesible.

Pero bueno se puede realizar una automatización también en base a la temperatura ambiente, con apertura/cierre de cortinas o telas sombra, accionar de ventiladores etc.

Francisco Cortina Téllez - ¿Este tipo de automatizaciones se puede adaptar a cultivos distintos, o depende de las zonas donde se produzca?

Sebastián Padin - Bueno la automatización no es obligatoria, si dependiendo del ambiente externo y de los cultivos hay distintos tipos de requerimientos, donde uno puede ir escalando en el nivel de automatización. Mediante más inversión y escala uno puede ir controlando con mayor cercanía el ambiente del invernadero.

Francisco Cortina Téllez - Nosotros desde la teoría y la investigación planteamos este control ambiental y el uso de técnicas como la hidroponía pero también la aeroponía. ¿Crees viable la posibilidad de aplicar estos sistemas automatizados en alguna medida para dentro de un mismo complejo productivo emplear distintos cultivos y poder satisfacer la demanda sin necesariamente depender de factores climáticos?

Sebastián Padin - Si, se puede. A nivel comercial en el mundo existen granjas verticales, en cierto punto ha fracasado el modelo comercial aplicado. Desde mi opinión personal, soy muy de; usemos bien lo que tenemos. Si tenemos luz y sol, usemoslo no hace falta hacer un edificio con luz artificial que requiere mucha energía. Pero es una realidad que en lugares donde realmente no hay, por ejemplo la Antártida que no hay luz, y es una necesidad para producir es una alternativa excelente. Yo creo que hay que buscar el equilibrio, tomar lo que nos da la naturaleza de manera inteligente, y en aquellos sectores donde hay precariedades complementar, o generar de manera artificial.

A nivel comercial, hace unos años hubo una especie de crisis donde mega empresas que realizaron grandes inversiones en edificios futuristas verticales, luego no fueron rentables. Yo soy un convencido de aplicar tecnologías para facilitar y eficientizar, en este caso la producción hidropónica. No creo que siempre haga falta aplicar todo de golpe, pero si lo que nos brinda la

tecnología y la producción hidropónica es poder producir alimentos en cualquier lugar del planeta.

Nicolas Rodriguez Bauza - En cuanto a las barreras de integración, más allá de los costos ¿cuáles consideras que hay? ¿Normativas o algo que se te venga en mente ahora?

Sebastián Padin - No, hoy en Argentina no hay ninguna barrera normativa. Si tal vez formativa, si bien no es algo super complejo, falta conocimiento, productores y asesores que conozcan en sí de hidroponía. Hoy la gran barrera es como vos decís, la inversión inicial es más alta que la de cultivo en tierra y conocimiento. Qué conocimiento se genera y no termina nunca lo que es. Por lo menos hoy en Argentina si hay una base de productores grande, por así decirlo, no contaba con las manos como solía ser hace diez años. y se comparte mucha información lo que es de gran ayuda para los productores hidropónicos.

Francisco Cortina Téllez - Yendo a esto que decís de que ahora hay varios productores que hace algunos años. ¿Formas parte de algún acuerdo productivo o alguna asociación?

Sebastián Padin - Existe la asociación hidropónica Argentina, que nació hace dos años y que agrupa a los productores de esta índole. Nosotros como empresa somos un sponsor de esta asociación. Hace dos años fue un hito importante que fue el primer congreso de hidroponía que se hizo en Córdoba, que de algún modo agrupa o intenta agrupar a los productores hidropónicos.

Ignacio Barbeito - En la comparativa entre el cultivo en tierra y los hidropónicos. En los últimos 12 meses ¿te ha surgido algún evento exógeno al invernadero que haga que la producción se demore?

Sebastián Padin - No, en hidroponía esos factores no afectan directamente. Uno en Argentina podría hacer hidroponía a cielo abierto, algo que a nivel productivo/comercial la realidad es que

casi no se hace. Si vos lo manejas en un invernadero manejas mucho más fácil el ambiente. Por darte un ejemplo, en Enero la lechuga sube mucho de precio porque a los productores en tierra se les dificulta mucho el poder producir, por las altas temperaturas, las lluvias o falta de las mismas. Desde la hidroponía, obvio va a depender si el invernadero es acorde a las necesidades del cultivo, pero de ser así y controlando bien el ambiente se puede asegurar producir durante todo el año de manera mucho más constante de lo que es cultivo en tierra.

Francisco Cortina Téllez - Perfecto, un poco de esto que hablas que se puede mantener una constancia en el suministro de alimentos es parte de la investigación realizada en base a la resiliencia que tiene este tipo de producción frente a factores que exceden el control de los productores.

Sebastián Padin - Si, hoy el tema de las sequías es un tema super importante. Por darte un ejemplo en Mendoza que es una de las provincias con mayor producción hidropónica, tiene un grave problema y hay varios productores que están considerando reorientar la utilización de los campos que a partir de la sequía ya no rinden de la misma forma que antes, y con poca agua poder producir alimentos.

Francisco Cortina Téllez - Claro, por lo que investigamos eso pasa en gran parte de Argentina más allá de mendoza, en parte por la sequía, otra parte por las consecuencias del uso intensivo del suelo que en las últimas décadas ha agravado la calidad del suelo y por consecuencia afecta a la nutrición de los alimentos producidos en el mismo.

Entrando en esto que hablamos sobre poder abastecer de productos sin tener una dependencia del clima, desde la perspectiva del productor ¿se suele tener inconvenientes logísticos? ya sea por insumos o productos

Sebastián Padin - Si, desde mi punto de vista la logística se ve como un costo y representa gran parte del costo productivo, y va a seguir siendo más caro. Por otro lado, y para mi mucho más importante es el tema ambiental digamos.

No tiene sentido transportar unas verduras 3000km para que llegue a destino, hay un costo ambiental gigante además de costo monetario. Adicionalmente cuando llega esa verdura, la fresca se pierde y genera más desperdicios que no siempre son bien desechados.

Todos estos factores los puedes mitigar produciendo en cercanía o utilizando productores de esta índole.

Francisco Cortina Téllez - En cuanto a las temporadas productivas, mencionaste la ventaja de la lechuga sobre la producción en tierra durante el verano. ¿hay algún cultivo de ejemplo opuesto en cuanto a temporalidad?

Sebastián Padin - La lechuga puede producirse todo el año, en invierno por temas solares y de luz tiende a ser más lento mientras que en verano al enfrentarse al calor la planta deja de crecer. En estas situaciones empieza a jugar de cierto modo el nivel de adaptación que tengan los invernaderos a los cultivos, aquellos que poseen algún sistema de calefacción o enfriamiento, que permita estandarizar la producción. Por darte un ejemplo, la albahaca en cultivo de tierra durante el invierno es imposible de producir, en hidroponía es difícil pero se puede realizar. De esta forma se pueden producir alimentos que de otro modo no se pueden acceder.

Francisco Cortina Téllez - Para resumir un poco los beneficios, el uso eficiente de los recursos y el espacio también se le puede agregar la reducción del costo de producción más allá de la inversión inicial alta.

Sebastián Padin - Bueno si, como mencionamos antes la reducción del costo logístico puede ser muy significativo, como también el costo de mano de obra sin duda es un gran beneficio. No es

lo mismo cosechar parado dentro de un invernadero que arrodillado en la tierra. Es abismal la diferencia en el esfuerzo físico y recurso humano que necesitas entre estos dos tipos de producción.

Ignacio Barbeito - A modo de conclusión, ¿qué beneficios resumirías que tiene este tipo de producción frente al tradicional?

Francisco Cortina Téllez - ¿Y que barreras consideras que son las que tiene hoy en día el productor argentino, como para llegar al consumidor?

Sebastián Padin - Ahí diste en la tecla desde mi punto de vista no, lo que yo considero barrera. Hoy hay mucho para desarrollar desde lo que podemos llamar marca hidropónica. El consumidor cada vez conoce mucho más la producción hidropónica.

El que conoce realmente y ha probado un producto de esta índole, es un producto premium.

Obviamente, hecho de la manera correcta, se puede producir y evitando ciertos procedimientos para llegar a productos de menor calidad.

Pero es algo que se puede seguir desarrollando al consumidor, que este comience a conocer y valorar este tipo de alimentos producidos de otra manera que son mucho más sanas tanto para nuestro cuerpo, como para el medio ambiente.

Pero la barrera está en generar mucho más mercado para poder seguir expandiendo la producción hidropónica. En el mundo está creciendo, es una tendencia y va a continuar con este proceso. Y con esto acompañar al consumidor a que pueda tener acceso a este tipo de productos.

Francisco Cortina Téllez - Crees que esto se podría fomentar mediante algún tipo de incentivo, ya sea privado o público. ¿Existe alguno?

Sebastián Padin - Eso sin duda, no solo desde la hidroponía, sino para fortalecer un segmento que encima tiene muchos beneficios ambientales y demás. Hoy la inversión para el productor hidropónico es una barrera, y tampoco existe un incentivo desde el lado de que un productor tradicional pase a producir de manera hidropónica. Está pasando pero a costas de mucho esfuerzo de los productores. Sin duda que hay mucho por hacer.

Nicolas Rodriguez Bauza - En cuanto a lo que hablaste sobre la calidad del producto hidropónico ¿En que se basa para que este sea premium?

Sebastián Padin - Es un conjunto de muchas variables, el ambiente donde se produce. La verdura no deja de ser eso, tiene sus requerimientos de sol, agua y minerales en un ambiente propenso para que pueda crecer. El método hidropónico tiene de bueno y riesgoso es que uno le da a la planta exactamente lo que necesita la planta, cualquier déficit que se genere en estas necesidades, la planta puede crecer de manera deficiente. Yo lo llamo agricultura de precisión, si uno es justamente preciso en brindarle los requerimientos necesarios del cultivo va a llegar a tener una cosecha premium, así como si le das más de lo que necesita también vas a tener una cosecha deficiente. Hay que hacer buen uso de la técnica para producir alimentos de alta calidad.

Francisco Cortina Téllez - Equipo ¿Algo más para agregar?

Ignacio Barbeito - Desde mi lado no, así que Sebastián muchas gracias por tu tiempo. Te pido disculpas por las molestias del ida y vuelta para coordinar. Esta entrevista es un gran aporte para nuestra investigación.

Sebastián Padin - No, por favor. Justo también tuve varios días movidos así que no es ningún problema.

Francisco Cortina Téllez -- Si tu vision profesional, y de alguien que está en el día a día de como funciona, cuanto se está expandiendo, y bueno de la importancia como decís que tiene, tanto climática, desde la logística y traer algo de alta calidad a los consumidores. Gracias nuevamente.

Sebastián Padin - Bueno, gracias a ustedes. Mucha suerte, se lo que implica hacer una tesis y demás. Cualquier duda que les haya quedado estoy a su disposición y después cuentenme como les fue con la tesis final.

ENTREVISTA A EXPERTO - LILIANA OSORIO - HIDROPONIA PACHA.KAUSAL- MDQ

Link Liliana: <https://youtu.be/dtxVfopMFvk>

Francisco Cortina Téllez - Buenos días Liliana un gusto, nos presento a Nicolas y Francisco.

Estamos realizando un trabajo de investigación para la licenciatura en administración de empresas de UADE. Por favor, podés presentarte y describir un poco a qué te dedicas.

Liliana Osorio - Hola Francisco, Nicolas. Soy Liliana Osorio, estoy en el KM 391 de la ruta 2, en el barrio sosiego el cual es una reserva. Y hace 5 años que tengo un invernadero hidropónico, los primeros 2 años fueron medio de prueba. Estuvimos en el INTA en San Pedro capacitándonos con mi esposo y hace ya ese tiempo que manejamos este invernadero, pequeño que utiliza los dos sistemas de hidroponia. NFT y el de raíz flotante

Francisco Cortina Téllez - Buenísimo, muchas gracias. En cuanto a este sistema hidropónico, teniendo en cuenta los ciclos de cosecha y en comparativa a la agricultura tradicional. ¿Qué percepción tienen sobre el rendimiento de sus cultivos?

Liliana Osorio - Teniendo en cuenta los factores de impacto ambiental, consumo de agua, los productos para cultivar, la realidad es que de estos casi no utilizamos salvo alguna excepción para hongos o pestes, o algún efecto climático que afecte a las hojas no usamos ningún tipo de agroquímicos. Buscando la mayor inocuidad de los alimentos y que rinda en todos los aspectos.

Francisco Cortina Téllez - Okay, en cuanto a lo que mencionaste sobre el consumo del agua. Entiendo que usan sistemas cerrados. ¿Tienen algún pico de consumo o pérdidas?

Liliana Osorio - Principalmente en el verano, pero únicamente por evaporación. Además nosotros particularmente tenemos un invernadero relativamente bajo. No tiene la altura sobre tierra que debería tener el invernadero, por más que pongamos telas sombra el sol es el mayor responsable sobre las pérdidas tanto de agua como de cosecha.

Igualmente tenemos sistemas para que el agua recircule en el circuito con tanques que recolectan agua de lluvia.

Francisco Cortina Téllez - Entonces más allá de la evaporación no tienen problemas hídricos y en cuanto al sistema de recirculación. Imagino que lo ven como una ventaja teniendo en cuenta que cada vez hay más dificultad para acceder a ciertos recursos.

En cuanto al monitoreo ¿tienen algún tipo de automatización o lo hacen ustedes manualmente?

Liliana Osorio -somos mi esposo y yo únicamente, él está en la parte más técnica en cuanto a nutrientes, agua, PH que es un control manual y diario para analizar las necesidades de las plantas. Y usamos los sistemas de medidores que se usan para hidroponia y nada más. Todo más artesanal.

Francisco Cortina Téllez - Está perfecto ¿Este proceso les requiere mucho tiempo o esfuerzo?

Liliana Osorio - No, para nada. El mayor impacto es la época de la siembra, o sea cuando se trasplanta las plántulas a las piletas porque bueno lleva tiempo y cuidado. Luego es todo bastante control, como te digo nuestro invernadero es bajo y en verano si hace mucho calor se generan pérdidas. por lo que hay que ser muy cuidadosos en este proceso.

Existen invernaderos con sistemas de refrigeración que se usan en algunos lugares más industrializados, yo tengo seis piletas y manejamos alrededor de dos mil plantas.

Francisco Cortina Téllez - Bueno, vos decis que es chico pero dos mil plantas entre dos personas imagino que es todo un desafío. En cuanto a los invernaderos que me estas contando ¿el control ambiental que ustedes manejan lo usan principalmente en verano para cubrirse de las altas temperaturas? podrías contarme un poco sobre eso

Liliana Osorio - Exacto lo que usamos en verano son medias sombras, para que el sol no impacte tanto en la temperatura de los invernaderos y abrimos los laterales del invernadero de 16 metros X 6 metros de ancho. Y también cubrimos con medias sombras

Francisco Cortina Téllez -Y en estas épocas ¿suelen tener algún porcentaje de pérdida aproximado?

Liliana Osorio - Tenemos cierta dependencia del clima, por más que el invernadero cubre en gran parte la producción si repentinamente hay algún cambio de temperatura muy brusco que son característicos de esta zona y uno no se preparó puede afectar a las plantas. Pero el año pasado nos agarró un calor poco preparado y perdimos el 50% de la cosecha. Porque además el calor trae hongos, insectos un adicional de problemáticas.

Francisco Cortina Téllez - Claro, imagino que uno también con el pasar de las temporadas se va aprendiendo sobre cómo perfeccionarlo.

Liliana Osorio - Es así como decís, hemos ido aprendiendo, preguntando, leyendo más allá de la capacitación que hicimos en su momento. Cada vez que uno entra al invernadero se puede encontrar con una situación distinta. Al INTA hemos llamado muchas veces y siempre han colaborado en venir a dar una mano, explicar.

Francisco Cortina Téllez - Bueno esto es algo que nos han comentado otros entrevistados, que suelen haber grupos o asociaciones para compartir información entre productores, más allá de algo formal. ¿Participar de alguno de estos métodos de transferencia de información?

Liliana Osorio - Al principio participaba bastante, pero por falta de tiempo y dedicación a otro trabajo no he podido mantenerme. Pero tengo la idea de reintegrarse porque es algo que me encanta hacer y es bueno el poder estar compartiendo experiencias.

Francisco Cortina Téllez - Y en cuanto a la integración a los canales tradicionales ¿ha tenido algún problema o traba?

Liliana Osorio - principalmente la logística y la comercialización, para mi ha sido bastante difícil. Principalmente porque yo busco una calidad de la verdura, y en cuando voy a las verdulerías muchas veces es un tema educativo, porque a veces desconocen de qué trata el producto. El sabor, la duración, su naturalidad. A veces ven la lechuga con la raíz, y desde el desconocimiento quieren plantarla en la tierra.

Lo que sí, cuando se da a conocer el producto, no paran de comprar.

Francisco Cortina Téllez -Esto que mencionas de la naturalidad del producto, sino también a los nutrientes y el aporte al cuerpo. Es una realidad que la gente desconoce del proceso.

Liliana Osorio - Desde mi pasión por lo que hago, cuando intento transmitir los beneficios y la recepción es “ah si vende lechugas” siendo que el producto es destrutado, y no lo llevo más. Entonces creo que una difusión educativa de esta forma de producir sería muy beneficiosa.

Francisco Cortina Téllez - Bueno es una realidad que acá en Argentina este tipo de producción recién está dándose a conocer, otros productores nos decían es como si esto estuviese desarrollado al 1%. También está la parte de dar la educación alimentaria que necesita la gente para que se dé a conocer.

Liliana Osorio - Desde lo que yo veo, se está desarrollando así como decis pero de a poco y los jóvenes con estas tendencias más saludables son los que lo están encabezando.

Francisco Cortina Téllez - Me hablaste un poco de la logística; más allá de mover la mercadería, conseguir insumos o tener mercadería parada ¿has tenido demoras logísticas?

Liliana Osorio - Para mi ideal sería, cada ciclo sacar todas las plantas a la vez. Pero como la logística la hago yo, y estoy a 20 km, los costos los tengo yo. Y al tener un trato más

personalizado con mis clientes siendo pocos, intento llevarles productos frescos. Obviamente a veces hay alguna demora porque también tengo mis tiempos y como te digo no es mi fuente principal de ingresos.

Nicolas Rodriguez Bauza - En cuanto a los precios de venta ¿Cómo consideras que deben ser en referencia a la agricultura tradicional?

Liliana Osorio - Desde el vamos yo creo que es un mejor producto en cuanto a calidad, además los costos también son otros, los nutrientes tampoco se consiguen aca donde vivo. Siempre me manejo con los precios del mercado y se mantiene durante el año.

Siempre se comparan por estación, mientras que nosotros podemos estar produciendo todo el año casi, entonces mantenemos un precio aproximado

Francisco Cortina Téllez - Liliana y aprovecho esto que decis de la estacionalidad, vos me dijiste que tienen un invernadero del todo adaptado al clima ¿suelen tener problemas en cuanto a la producción de contra estación? ¿Directamente no lo hacen?

Liliana Osorio - Hemos probado, pero en cuanto a capacidad física no nos hemos expandido. Entonces necesitaría una pileta aparte para producir fuera de estación porque necesita otro tipo de requerimientos y nutrientes. Pero las pruebas que hicimos, por ejemplo acelga salieron muy muy bien.

Como me quitaba espacio y mis clientes ya tienen ciertos productos decidimos ocuparnos a lo que ya sabemos.

Francisco Cortina Téllez -Y por ejemplo, tu cultivo principal es la lechuga. ¿pueden producirla todo el año continuamente?

Liliana Osorio - La lechuga morada suele ser la más difícil porque tiene otros requerimientos, pero igualmente sí, producimos constantemente sin interrupciones. A veces si hay variaciones en las ventas por que las verdulerías tienden a vender menos en ciertas épocas.

Francisco Cortina Téllez - Buenísimo. Y nos gustaría que nos cuentes, a modo de opinión personal. Ves sostenibilidad en este sistema de producción, que beneficios le ves en comparación con la agricultura tradicional. ¿Ves estos sistemas productivos como para sustentar a parte de la población?

Liliana Osorio - Sí totalmente, a ver en el mundo ya está muy aplicado siendo así que la NASA produce para sus astronautas este tipo de cultivos. En Argentina no está desarrollado, y al ser innovador tiene sus barreras. Pero lo veo con mucha proyección y ventajas principalmente por la sustentabilidad y agroecológico, tanto para la salud como para el medio ambiente. Creo que es lo que se viene

Francisco Cortina Téllez - Nosotros vemos una gran ineficiencia en cuanto al manejo de los productos, teniendo en cuenta que pueden viajar mucho hasta llegar al mercado central y toda la contaminación que eso conlleva no ayuda al cambio climático que es otra de los desafíos que encuentra las producciones tradicionales.

Liliana Osorio - Exacto, con tanto traslado los productos se van oxidando. En el caso de las lechugas van sacando hojas y terminan a veces vendiendo solo el tallo.

Francisco Cortina Téllez - Bueno Liliana muchas gracias por la entrevista y por estar impulsando este tipo de producción, además de enseñar y transmitir todos los beneficios que ves.

Liliana Osorio - Muchas gracias a ustedes chicos, espero que les vaya muy bien