

**Estrategias para la optimización de la gestión hídrica en la producción de fresas de
Heirloom Farms: un enfoque sostenible para afrontar la escasez de agua en la región de
Calibaja**

Andrés Camilo Méndez Amaya

Trabajo de grado para optar el título de Profesional en Negocios Internacionales

Director

Alejandra María Gutiérrez Espalza

Magister en educación

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables

Facultad de Negocios Internacionales

2024

Contenido

1. Optimización de gestión hídrica en Heirloom Farms	7
1.1 Tema y justificación	7
1.2 Problema	8
1.3 Hipótesis	9
1.4 Plan de trabajo.....	10
2. Argumentos a favor de la hipótesis	11
2.1 Referentes teóricos.....	11
2.1.1 Referente 1	11
2.1.2 Referente 2	12
2.2 Optimización del uso del agua mediante tecnologías avanzadas.....	12
2.3 Mantenimiento de altos estándares de calidad para mercados internacionales	14
2.4 Adaptación ante el cambio climático y la escasez de agua	15
2.5 Competitividad en el mercado internacional y sostenibilidad	16
3. Argumentos en contra de la hipótesis	17
4. Propuestas Alternativas	18
4.1 Sistemas Agro voltaicos	18
4.2 Reutilización de aguas tratadas	19
4.3 Uso de cubiertas vegetales y conservación del suelo.....	20
5. Conclusiones	20
Referencias.....	23

Lista de tablas

Tabla 1. *Plan de trabajo*..... 100

Lista de figuras

Figura 1. <i>Tendencias de riego desde la década de los 70's</i>	13
Figura 2. <i>Eficiencia en el uso del agua y nivel de automatización</i>	14
Figura 3. <i>Horas de luz solar, Tijuana. Estado de Baja California</i>	18

Resumen

En este ensayo analiza las estrategias que Heirloom Farms, una empresa agrícola ubicada en la región de Ensenada, Calibaja, Baja California, puede adoptar para optimizar la gestión del agua en la producción de fresas, en respuesta a la creciente escasez hídrica agravada por la temporada de verano. A través de una revisión de la literatura y la observación directa, se identificaron los problemas y diversas soluciones tecnológicas. Además, se proponen prácticas sostenibles para incrementar la eficiencia en el uso de los recursos naturales.

Palabras clave: Gestión hídrica, tecnología agrícola, sostenibilidad, escasez de agua, cambio climático.

Abstract.

This essay examines the strategies that Heirloom Farms, an agricultural company located in Ensenada, Calibaja, Baja California, could implement to improve water management in strawberry production in response to the growing water scarcity exacerbated by the summer season. Through a review of the literature and direct observation, problems were identified along with various technological solutions. Additionally, sustainable practices are proposed to increase efficiency in the use of natural resources.

Keywords: Water management, agricultural technology, sustainability, water scarcity, climate change, precision irrigation.

1. Mejora en la gestión del agua para la producción sostenible de fresas en Heirloom Farms

1.1 Tema y justificación

El cultivo de fresas en la región de Calibaja, donde se encuentra Heirloom Farms, presenta retos significativos debido a las características climáticas y socioeconómicas de la zona. Esta región transfronteriza entre California (EE. UU.) y Baja California (México) es altamente productiva desde el punto de vista agrícola. Sin embargo, la producción de fresas, que depende en gran medida del riego constante, enfrenta desafíos importantes durante el verano, cuando las altas temperaturas incrementan la evaporación y disminuyen las reservas de agua disponibles.

En cuanto a Heirloom Farms, es una empresa ubicada en Ensenada, Baja California, es una de las principales productoras de fresas de la región, con una clara orientación hacia los mercados de exportación, más específicamente a Estados Unidos. La demanda de fresas en el mercado estadounidense es alta, pero está acompañada de exigencias rigurosas en cuanto a la calidad como el color, tamaño y frescura del producto, lo que obliga a los productores a mantener estándares estrictos en todas las etapas del proceso productivo. Sin embargo, el clima árido y la creciente escasez de agua en la región dificultan el cumplimiento de estos requisitos sin una gestión hídrica eficiente.

El análisis presentado en este ensayo se justifica por la importancia socioeconómica y ambiental de una gestión eficiente del agua en la agricultura. En regiones vulnerables como Calibaja, que enfrenta retos climáticos y económicos, la escasez de agua es un problema creciente. Para Heirloom Farms, uno de los principales productores de fresas en la zona, optimizar el uso del agua no solo es clave para garantizar la sostenibilidad ambiental, sino también para asegurar la viabilidad económica de la empresa en el largo plazo.

Uno de los factores que motiva el estudio de la gestión hídrica en Heirloom Farms es la creciente escasez de agua en Baja California. Según diversos estudios, la región enfrenta un déficit hídrico cada vez más acentuado debido a la combinación de factores como el crecimiento urbano, el aumento de las temperaturas y la disminución de las fuentes naturales de agua (Foreign Trade Databases). Asimismo, la región de Cali baja ha sido identificada como un área vulnerable a los efectos del cambio climático. La disminución de las fuentes de agua dulce, junto con el aumento de las temperaturas y la mayor frecuencia de fenómenos climáticos extremos, está ejerciendo una presión significativa sobre los recursos naturales de la región. Este escenario resalta la importancia de adoptar tecnologías de sistemas de almacenamiento de agua más robustos, como alternativas para reducir el impacto negativo del clima en la producción agrícola.

1.2 Problema

La pregunta que guía este análisis se centra en cómo puede Heirloom Farms mejorar la gestión del agua en sus cultivos de fresas para mitigar los efectos de la escasez durante el verano y garantizar una producción sostenible. Este problema surge en el contexto de la región de Baja California, una zona caracterizada por su clima árido y la escasez de recursos hídricos, especialmente durante los meses más calurosos, cuando las temperaturas aumentan considerablemente y las fuentes de agua se ven comprometidas.

Heirloom Farms, enfrenta este desafío, de mantener la calidad y cantidad de su producción en medio de estas condiciones extremas. El cultivo de fresas es particularmente vulnerable a la escasez de agua debido a la necesidad de irrigación constante para garantizar que las plantas reciban suficiente humedad y se mantenga la uniformidad requerida por los mercados internacionales, particularmente el estadounidense. Sin embargo, los métodos actuales de

almacenamiento y gestión de agua en la empresa han demostrado ser insuficientes, ya que las piletas de agua no siempre alcanzan para cubrir las necesidades de riego durante los veranos más intensos, y en ocasiones las altas temperaturas queman las frutas, lo que afecta directamente su calidad y viabilidad para la exportación.

Este problema también claramente se ve intensificado por la competencia en el mercado internacional, donde los compradores exigen productos que cumplan con estándares estrictos de tamaño, color y textura, lo que impone una mayor presión sobre los agricultores para mejorar sus procesos productivos. Heirloom Farms se encuentra ante la necesidad de adoptar estrategias que le permitan mejorar la eficiencia del uso de agua en sus cultivos sin comprometer la calidad de su producto.

El problema se puede enmarcar en un contexto económico, ya que Heirloom Farms, como una empresa le interesa ser lo más productiva y rentable posible, objetivo que se ve obstaculizado en este lapso de tiempo, que son aproximadamente tres meses.

1.3 Hipótesis

La hipótesis de este ensayo postula que la implementación de tecnologías avanzadas permitirá a Heirloom Farms mejorar la sostenibilidad de su producción de fresas, optimizando el uso del agua y manteniendo los altos estándares de calidad requeridos por los mercados internacionales. Estas tecnologías, como el riego de precisión y el uso de sensores, facilitarán una gestión hídrica más eficiente, asegurando la competitividad de la empresa a largo plazo.

Se plantea que, al invertir en sistemas de irrigación más eficientes y adoptar prácticas agrícolas sostenibles, Heirloom Farms podrá enfrentar de manera más efectiva los desafíos

derivados de la escasez de agua y las condiciones climáticas extremas, en los tiempos de verano, asegurando a su vez la continuidad de su producción y su competitividad en el mercado.

1.4 Plan de trabajo

Plan de Trabajo: Estrategia Metodológica para el Ensayo.

Tabla 1. *Plan de trabajo*

FASE	ACTIVIDADES	FECHAS
Fase 1		
Planteamiento inicial	Visita a la empresa Heirloom Farms. Introducción y conversación acerca de la empresa. Visita guiada por las instalaciones de la empresa.	19 de abril, 2024
Fase 2		
Formulación de la idea	Idea desarrollada en base a las problemáticas comentadas y vistas, por parte de la empresa Heirloom Farms.	20 de abril, 2024
Fase 3		
Revisión y análisis	Identificación de la literatura similar y relevante. Estudio de la literatura existente.	3 de mayo, 2024 4 de mayo, 2024
Reflexión	Integración de los hallazgos, con la visita a la empresa Heriloom Farms, dentro del marco académico.	18 de mayo de 2024
Fase 4		
Elaboración textual	Elaboración del borrador del ensayo.	25 de mayo de 2024
Redacción	Redacción final del ensayo.	1 de junio de 2024
Fase 5		
Evaluación y ajuste	Revisión por parte del director.	
Fase 6		
Entrega final	Entrega del documento. Presentación final.	

Nota: El esquema de trabajo estructurado en etapas según su desarrollo.

Anteriormente en la Tabla 1, se observa el plan de trabajo organizado en fases, se inicia con el desarrollo de la idea inicial, que primeramente surge a partir del viaje académico más específicamente a la empresa Heirloom Farms, dónde sus problemáticas despertaron el interés del autor, durante esta visita, se recolectó información y se estableció contacto con el entorno de la empresa y su competitividad.

2. Argumentos a favor de la hipótesis

2.1 Referentes teóricos

2.1.1 Referente 1

La empresa Driscoll's, es líder en el cultivo y comercialización de fresas, que ha implementado soluciones para enfrentar los desafíos relacionados con la escasez de agua en sus cultivos. Una de las iniciativas de Driscoll's ha sido su participación en el proyecto de recarga de acuíferos en el Valle de Pajaro, California esto en colaboración con la Universidad de California en Santa Cruz y otras entidades, Driscoll's estableció un sistema de infiltración de aguas pluviales, diseñado para captar y almacenar agua de lluvia en acuíferos subterráneos, este sistema ha sido importante para reducir los efectos de la sequía y la sobreexplotación de recursos hídricos en la región (Driscoll's, 2020).

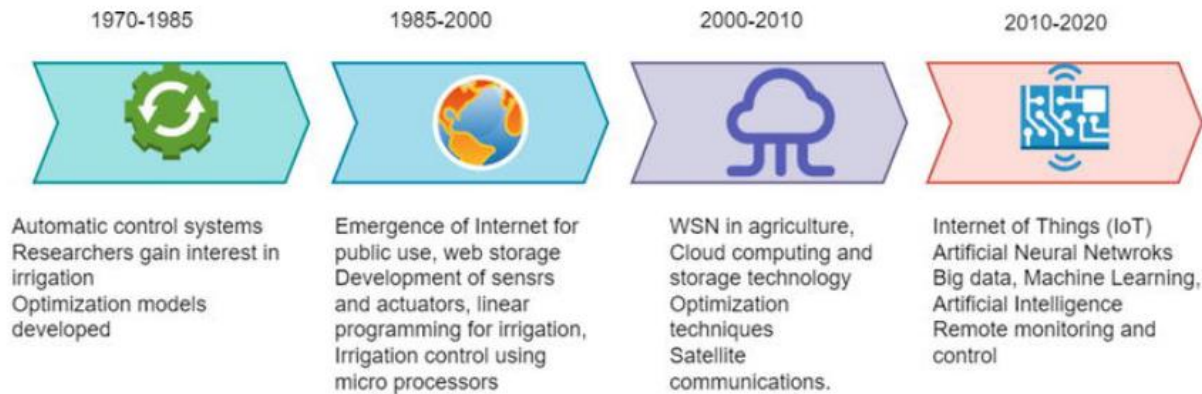
Asimismo, Driscoll's ha sido pionera en el uso de tecnologías avanzadas como redes inalámbricas de irrigación, que permiten un control preciso del uso del agua en los campos de cultivo. Estas iniciativas no solo han mejorado la sostenibilidad hídrica de la empresa, sino que también han servido como modelo para otros productores agrícolas en California y más allá, al demostrar cómo las innovaciones tecnológicas pueden tener un impacto positivo en la gestión del agua en regiones propensas a la sequía (Vegetable Growers, 2019).

2.1.2 Referente 2

Otro caso relevante es el proyecto de recarga de acuíferos en la cuenca del río Doce, Brasil. Este estudio aplicó modelos de balance hídrico y técnicas de predicción espacial para identificar zonas con alto potencial de recarga acuífera. En este caso, la vegetación densa y las precipitaciones elevadas fueron clave para maximizar la infiltración de agua en el suelo y aumentar la disponibilidad hídrica para las actividades agrícolas (Alencar et al., 2009). Heirloom Farms podría beneficiarse de estrategias similares, como la protección de la vegetación en zonas críticas y la construcción de infraestructuras de recarga de acuíferos para mejorar su acceso a recursos hídricos durante las temporadas más secas.

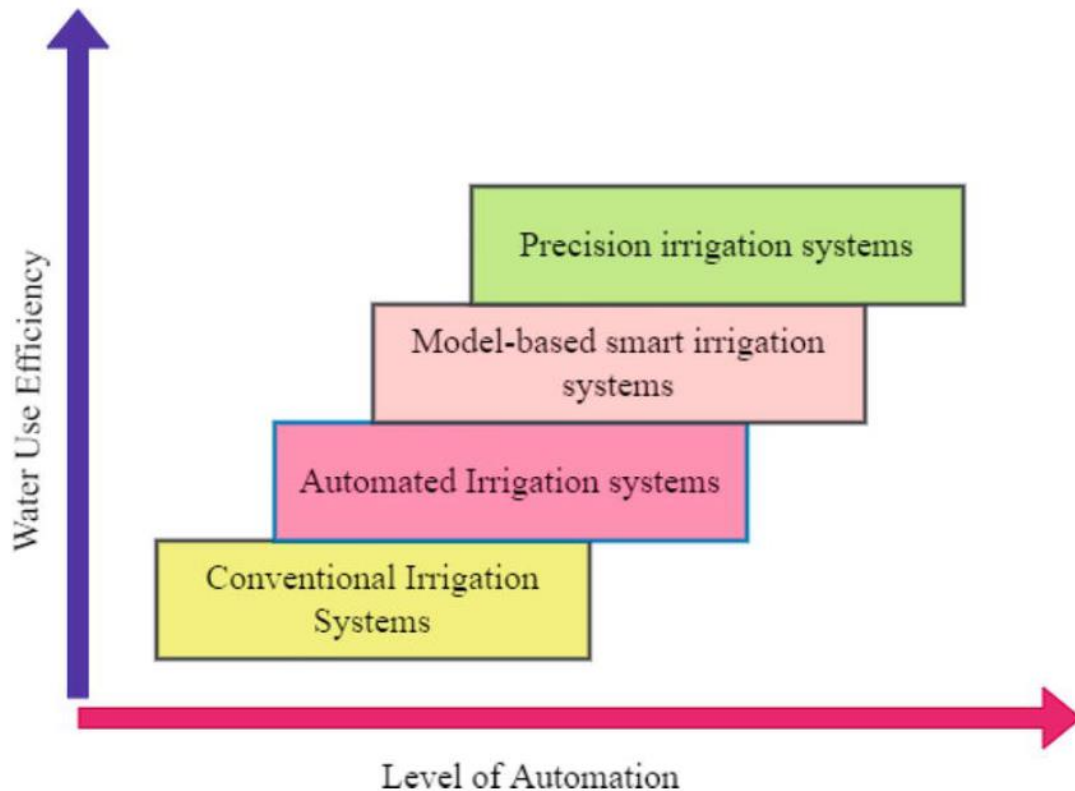
2.2 Optimización del uso del agua mediante tecnologías avanzadas

Aunque la empresa Heirloom Farms ya utiliza riego por goteo y fue de las primeras en utilizarlo, puede optimizar significativamente su gestión hídrica con la adopción de tecnologías avanzadas como los sensores de humedad del suelo sumando el monitoreo en tiempo real, estos sistemas permiten medir con precisión la cantidad de agua disponible en el suelo y ajustan el riego automáticamente para evitar el uso excesivo de agua. Estudios han demostrado que el uso de sensores en combinación con sistemas de riego automatizado puede reducir el consumo de agua hasta en un 50%, sin comprometer la productividad del cultivo (Abioye et al, 2022).

Figura 1. *Tendencias de riego desde la década de los 70's*

Nota: Tomado de Bwambale et al, (2023), dónde se observa las tendencias de riego, desde sistemas con controles automáticos, hasta la actualidad dónde se usan sensores que miden el entorno en tiempo real, siempre con la finalidad de optimizar la irrigación.

Sumando a lo anterior los sensores de humedad pueden ayudar a mantener la homogeneidad en la irrigación, que es supremamente importante para los cultivos de fresas, que requieren un control bastante riguroso ya que como menciona la misma empresa a parte de que el cultivo de fresas es bastante sensible respecto a la temperatura, un riego ineficiente como la falta de agua o el exceso de la misma puede afectar en el desarrollo de la planta y en consecuencia a su fruto. La precisión de estas tecnologías asegura que cada planta reciba el agua justa para su desarrollo óptimo (González Perea et al, 2018).

Figura 2. *Eficiencia en el uso del agua y nivel de automatización*

Nota: Tomado de Bwambale et al, (2023), que a su vez es adaptado de Abioye et al (2023).

Un ejemplo a tener en cuenta es la implementación de estas tecnologías sería el proyecto SWAMP, que aplica la IoT (internet de las cosas) en la agricultura de modo que gestiona el riego de forma precisa y eficiente en los cultivos, esta tecnología ha sido aplicada en zonas áridas como matopiba en Brasil, logrando una mejora en el rendimiento de los cultivos y un ahorro considerable de agua. (Kamienski et al, 2019).

2.3 Mantenimiento de altos estándares de calidad para mercados internacionales

Una de las principales prioridades de la empresa son los altos estándares de calidad exigidos por su mayor comprador, la calidad uniforme es importante para cumplir con los

requisitos de los mercados de exportación, especialmente en países como Estados Unidos, donde la demanda por productos de alta calidad es alta (valga la redundancia), en consecuencia a esto el mantenimiento de la calidad del producto es el factor más importante para una empresa como Heirloom Farms, que compite en mercados internacionales por ende la adopción de tecnologías de riego de precisión, como el riego de goteo controlado por sensores, ayuda a garantizar que cada planta reciba la cantidad óptima de agua, evitando así cualquier percance ya sea por mucha agua o falta de la misma, teniendo la calidad de fruta optima y reduciendo sus pérdidas a lo largo de todo el año y no solo enfocándose en la época de verano. Y como se ha mencionado anteriormente el uso de estas tecnologías ha mostrado un aumento en la calidad del producto final. Ya que en el estudio realizado por Abioye et al. (2022), en cultivos de hortalizas, se observó una mejora en la uniformidad y calidad de los frutos al implementar sistemas de monitoreo hídrico y control de riego basado en sensores y datos en tiempo real.

2.4 Adaptación ante el cambio climático y la escasez de agua

En la actualidad las condiciones climáticas extremas, como el aumento de la temperatura y las sequías prolongadas, afectan gravemente la agricultura en regiones áridas como Cali-Baja, las tecnologías de riego inteligente, que ajustan automáticamente la cantidad de agua suministrada a los cultivos en función de las condiciones climáticas y la humedad del suelo, permiten a los agricultores responder de manera flexible a estos desafíos. Además de que como empresa se debe buscar la adaptabilidad en medio del cambio, para prevalecer la empresa a futuro.

Por ende, la adopción de tecnologías IoT, combinadas con algoritmos y modelos predictivos, puede beneficiar drásticamente la eficiencia del agua y aumentar la probabilidad de superponer el cultivo frente a variaciones climáticas. Estas tecnologías no solo ayudan a optimizar

el uso del agua, sino que también permiten a los agricultores tomar decisiones basadas en datos en tiempo real sobre el clima, el suelo y las necesidades hídricas del cultivo (Shofiyati et al, 2024).

Un caso de éxito es el uso del modelo AquaCrop desarrollado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), en cuál se simula el crecimiento de los cultivos en función del uso del agua y este a su vez permite prever los impactos de la sequía en el rendimiento. Esto permite a los agricultores planificar de manera más eficiente el riego y reducir el riesgo de pérdida de cultivos (González Perea et al, 2018).

2.5 Competitividad en el mercado internacional y sostenibilidad

Cada vez más, los consumidores y por consecuente los países y empresas exigen prácticas sostenibles, y es una tendencia que va en aumento y a su vez la competitividad en los mercados internacionales. Parte de los compradores en la actualidad dentro de este contexto valoran mucho el uso de tecnologías avanzadas para gestionar el agua de manera más eficiente y reducir el impacto ambiental,, y justamente en los mercados agrícolas de Europa y América del Norte que están cada vez más enfocados en productos que se cultivan utilizando métodos que conservan recursos naturales como el agua y que disminuyen las emisiones de carbono (Mouniane et al, 2024), esta es una oportunidad para que la empresa como Heirloom Farms aumente su ya positiva reputación y confianza.

Las empresas que han adoptado estas prácticas han observado mejoras en su competitividad. Como se observa en Marruecos, la adopción de tecnologías de irrigación sostenible ha permitido a los productores mejorar su acceso a mercados internacionales al cumplir con las normativas ambientales y garantizar la trazabilidad de sus prácticas agrícolas (Benabderrazik et al., 2021).

Por otro lado, la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y energéticamente eficientes, como el uso de energía solar para alimentar sistemas de irrigación y la implementación de técnicas que mejoren la retención de agua en el suelo, también reduce la dependencia de recursos externos y contribuye a una menor huella de carbono (Güven et al, 2023).

En conclusión, que para Heirloom Farms, invertir en estas tecnologías no solo ayudaría a asegurar una sostenibilidad a largo plazo, sino que también fortalecería su posición en el mercado global al cumplir con las crecientes expectativas de responsabilidad ambiental.

3. Argumentos en contra de la hipótesis

Dentro de los inconvenientes que se encuentran al adoptar estas tecnologías es el elevado costo inicial que conlleva. A pesar de que la inversión a largo plazo podría reducir el consumo de agua y mejorar la productividad, dependiendo del contexto que enfrente la empresa agrícola en cuestión, esta podría enfrentar dificultades para cubrir los gastos de tecnologías avanzadas como sensores de precisión y sistemas automatizados de control (Bwambale et al, 2023).

Otro inconveniente serían los conocidos errores en la predicción de modelos climáticos o de suelo podrían, estos podrían llevar a decisiones de riego inadecuadas, lo que afectaría negativamente la producción y provocaría un uso ineficiente de los recursos que se tienen (Güven et al, 2023).

En resumen, aunque los beneficios a largo plazo claramente pueden superar los desafíos iniciales, es importante y recomendable que empresas agrícolas como Heirloom Farms analicen detenidamente su capacidad para asumir estos costos y ajusten las tecnologías a sus necesidades específicas.

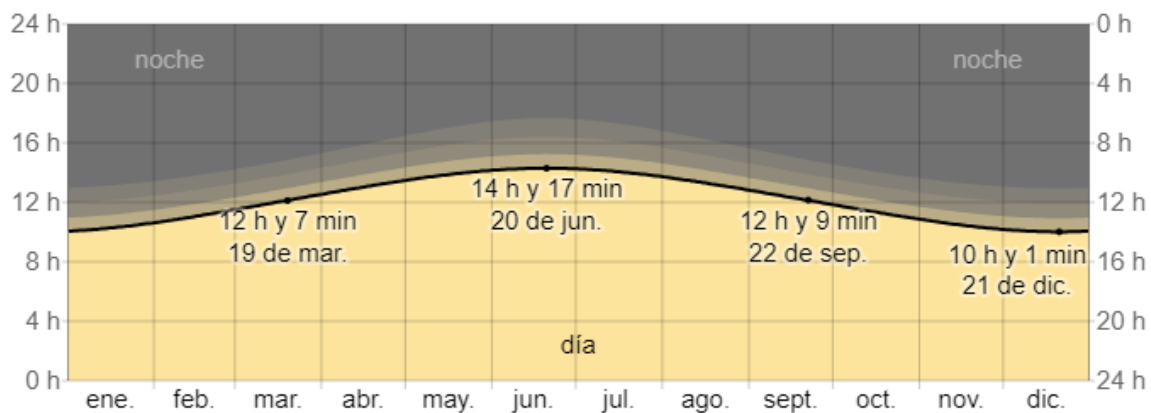
4. Propuestas Alternativas

4.1 Sistemas Agro voltaicos

Una estrategia diferente para hacer frente a los retos climáticos consiste en incorporar sistemas agrovoltaicos, son aquellos que combinan la actividad agrícola con la generación de energía solar en un mismo espacio (Dupraz et al, 2011). Al colocar paneles solares sobre los campos de cultivo, es posible generar energía para operar equipos agrícolas y sistemas de riego, al tiempo que se mitiga el estrés hídrico en las plantas, dado que los paneles tienen doble función y actúan como una barrera protectora contra la radiación solar directa.

Las investigaciones realizadas por Adeg et al. (2018) revelan que la integración de la agricultura y la energía solar no solo optimiza el uso del terreno, sino que también puede mejorar el rendimiento de ciertos cultivos en climas áridos, debido a la sombra parcial proporcionada por los paneles solares. Este enfoque sería especialmente beneficioso en áreas con escasez de agua por largas temporadas y altas horas de sol, como sucede en Heirloom Farms durante los meses secos de verano.

Figura 3. Horas de luz solar, Tijuana. Estado de Baja California



Nota: Datos tomados de WeatherSpeak (2023), se puede observar que en promedio desde finales de junio hay 14 horas de luz solar.

Además, que, al tratarse de una fuente renovable, la energía solar puede alimentar los sistemas de bombeo y riego, lo que reduce la dependencia de energías no renovables y disminuye los costos asociados con el consumo eléctrico.

En el caso de Heirloom Farms, la instalación de paneles solares podría reducir el consumo energético proveniente de fuentes tradicionales. Esto permitiría un bombeo de agua más eficiente, con la posibilidad de ajustar los ciclos de riego en función de las condiciones meteorológicas y las necesidades específicas de las plantas. Asimismo, la combinación de paneles solares con técnicas de agricultura de conservación ayuda a disminuir las emisiones de CO₂, mejorando la sostenibilidad general de la empresa, por consiguiente, la energía solar representa una opción a tener en cuenta para la sostenibilidad en Heirloom Farms.

En conclusión, que el uso de energías renovables en la agricultura, como la solar o eólica, también es una estrategia prometedora. Por ejemplo, la energía solar puede alimentar sistemas de riego y otras tecnologías agrícolas, lo que reduce la dependencia de combustibles fósiles y contribuye a la neutralidad de carbono. En un proyecto implementado en África, se integraron sistemas de riego por goteo impulsados por energía solar, lo que demostró ser altamente eficiente y sostenible (Wilson, 2023).

4.2 Reutilización de aguas tratadas

Heirloom Farms podría optar por una estrategia incluso más variada en lugar de centrarse únicamente en tecnologías avanzadas como la optimización de sistemas de riego por goteo, sensores de humedad, o paneles fotovoltaicos. Esta propuesta sugiere un enfoque en el cual se incorpore una gestión más eficiente del agua, que contemple tanto la conservación del suelo como el uso de agua reciclada.

Esta opción trataría invertir en tecnologías para reutilizar aguas residuales en el riego. Hay estudios que demuestran cómo el uso adecuado de estas aguas tratadas puede mejorar la eficiencia en la irrigación, al mismo tiempo que reduce la presión sobre las fuentes de agua dulce. Zhong et al. (2016) destacan que la reutilización de aguas residuales en agricultura podría disminuir el consumo de agua hasta en un 40%, además de aportar nutrientes útiles a los cultivos. Este enfoque ayudaría a reducir la dependencia de Heirloom Farms del agua potable, especialmente en los meses de verano.

4.3 Uso de cubiertas vegetales y conservación del suelo

Otra estrategia a tener en cuenta para mejorar la sostenibilidad en el cultivo de fresas es aplicar técnicas que protejan y mejoren el suelo, como las cubiertas vegetales. Estas prácticas ayudan a retener mejor la humedad del suelo y disminuyen la evaporación. Además, favorecen la infiltración de agua, lo que en algunos casos llega a reducir la necesidad de riego. Un estudio de Qian et al. (2022) muestra que el uso de cubiertas vegetales en áreas secas puede aumentar la eficiencia del agua hasta en un 30%, lo que beneficiaría a Heirloom Farms, siendo una opción donde no se depende tanto de una tecnología avanzada.

5. Conclusiones

En conclusión, este ensayo ha demostrado que la implementación de tecnologías avanzadas para optimizar el uso del agua puede mejorar significativamente la sostenibilidad en la producción de fresas en Heirloom Farms. Soluciones como el riego de precisión, el uso de sensores de humedad y la tecnología IoT tienen el potencial de reducir el consumo de agua sin comprometer los altos estándares de calidad exigidos por los mercados internacionales, asegurando la

competitividad de la empresa a largo plazo. Además, estas prácticas podrían servir como modelo para otras empresas agrícolas que enfrentan desafíos similares en regiones áridas.

Asimismo, se ha evidenciado que la adaptación al cambio climático es algo a tener en cuenta tanto para largo y mediano plazo, para la supervivencia de cualquier empresa agrícola actual en la región de Calibaja o similares, con temperaturas actuales cada vez más altas y una disminución constante en las reservas hídricas, es imperativo que Heirloom Farms adopte medidas de adaptación que le permitan mitigar los efectos adversos del clima. Por ende, variando en el abanico de idas que podría tener la empresa a su disposición también se debe tener en cuenta el uso de sistemas agrovoltaicos, que como se mencionó anteriormente combinan la generación de energía solar con la actividad agrícola, se presenta como una opción viable no solo para reducir el consumo energético, sino también para proteger los cultivos del estrés por el clima y falta del recurso hídrico durante los meses más calurosos. Además, de la reutilización de aguas tratadas y el uso de cubiertas vegetales son prácticas complementarias que pueden ayudar a la empresa a gestionar mejor sus recursos y reducir su dependencia de fuentes de agua externas.

También se ha tenido en cuenta la adaptación al cambio climático las tendencias del consumo sostenible. Heirloom Farms, al tener la oportunidad de implementar estrategias que lo ayuden también se verá beneficiado en como empresa también reducir su impacto ambiental, contribuyendo así a una agricultura más sostenible, remarcando que son tendencias que día a día toman más fuerza en otras partes del mundo, y con el tiempo se verán más remarcadas en países de América Latina.

Ahora, si bien la implementación de tecnologías avanzadas conlleva un costo inicial elevado, se observó que ganancias a largo plazo en términos de eficiencia, ahorro de recursos y mejora en la calidad del producto se superan ante dichos desafíos. Esto, además, posicionaría a

Heirloom Farms como un referente en la producción agrícola sostenible (que ya lo es), pero mejoraría aún más su reputación, lo que incrementa su competitividad en el mercado global.

Como recomendación posible sería que Heirloom Farms continúe invirtiendo en investigación y desarrollo para mejorar aún más la eficiencia del uso del agua, considerando la integración de nuevas tecnologías que estén en su alcance.

En conclusión, Heirloom Farms se enfrenta varios desafíos, pero a su vez tiene la oportunidad única de convertirse en un referente en la gestión sostenible del agua dentro de su contexto. Al implementar las tecnologías adecuadas y adoptar prácticas agrícolas más responsables, la empresa no solo garantizará su continuidad en un entorno de creciente escasez de agua, sino que también contribuirá a la región y del sector agrícola en su conjunto.

Referencias

- Abioye, E. A., Abidin, M. S. Z., Mahmud, M. S. A., Buyamin, S., Ijike, O. D., Otuoze, A. O., Afis, A. A., & Olajide, O. M. (2023). A data-driven Kalman filter-PID controller for fibrous capillary irrigation. *Smart Agricultural Technology*, 3(100085), 100085.
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.10008>
- Abioye, E. A., Hensel, O., Esau, T. J., Elijah, O., Abidin, M. S. Z., Ayobami, A. S., Yerima, O., & Nasirahmadi, A. (2022). *Precision irrigation management using machine learning and digital farming solutions. AgriEngineering*.
<https://doi.org/10.3390/agriengineering4010006>
- Adeh, E., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). *Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PloS One*,
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>
- Alencar, C.A.B., Cunha, F.F., Martins, C.E., Cóser, A.C., Rocha, W.S.D., & Araújo, R.A.S. (2009). *Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo*. Revista Brasileira de Zootecnia. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300012>
- Benabderrazik, K., Kopainsky, B., Tazi, L., Joerin, J., & Six, J. (2021). *Agricultural intensification can no longer ignore water conservation – A systemic modelling approach*

- to the case of tomato producers in Morocco. Agricultural Water Management*, 256(107082), 107082. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107082>
- Bwambale, E., K. Abagale, F., & K. Anornu, G. (2023). *Smart irrigation for climate change adaptation and improved food security*. In *Irrigation and Drainage - Recent Advances*. IntechOpen.
- Carrillo, J., Pérez, S., & Gómez, M. (2020). *Estrategias para la gestión eficiente del agua en la agricultura de zonas áridas*. *Journal of Sustainable Agriculture*.
- Driscoll's. (2020). *Providing 'Overdraft' Protection for Groundwater in the Pajaro Valley*. Recuperado de <https://www.driscolls.com>
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). *Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes*. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
- González Perea, R., Daccache, A., Rodríguez Díaz, J. A., Camacho Poyato, E., & Knox, J. W. (2018). *Modelling impacts of precision irrigation on crop yield and in-field water management*. *Precision Agriculture*. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9535-4>

Güven, B., Baz, İ., Kocaoğlu, B., Toprak, E., Erol Barkana, D., & Soğutmaz Özdemir, B. (2023).

Smart farming technologies for sustainable agriculture: From food to energy. In A Sustainable Green Future. Springer International Publishing.

Heirloom farms S DE rl DE CV. (s.f.). *Estadísticas de comercio exterior. Reportes de*

importaciones y exportaciones de las Aduanas con importadores, exportadores, proveedores y compradores. Recuperado de:

https://www.comxport.com/co/heirloom_farms_s_de_rl_de_cv-mexico-611468.php

Kamienski, C., Soininen, J.-P., Taumberger, M., Dantas, R., Toscano, A., Salmon Cinotti, T.,

Filev Maia, R., & Torre Neto, A. (2019). *Smart water management platform: IoT-based precision irrigation for agriculture. Sensors (Basel, Switzerland).*

Mouniane, Y., Chriqui, A., El-Khadir, I., Hbyaj, K., El-Moustaqim, K., Mezouara, M., Zirari, M.,

Mabrouki, J., & Hmouni, D. (2024). *Impact of remote sensing on irrigation management in precision agriculture. In World Sustainability.* Springer Nature Switzerland.

Qian, K., Ma, X., Wang, Y., Yuan, X., Yan, W., Liu, Y., Yang, X., & Li, J. (2022). *Effects of*

vegetation change on soil erosion by water in major basins, Central Asia. Remote Sensing. <https://doi.org/10.3390/rs14215507>

Shofiyati, R., Habibie, M. I., Cahyana, D., & Susanti, Z. (2024). *Precision farming to achieve sustainable and climate smart agriculture. In Technological Approaches for Climate Smart Agriculture* (pp. 229–248). Springer International Publishing.

Vegetable Growers (2019). *AgWater Challenge embraced by driscoll's*. News.

<https://vegetablegrowersnews.com/news/agwater-challenge-embraced-by-driscolls/>

Weather Spark. (s.f.). *El clima en Tijuana, el tiempo por mes, temperatura promedio (México)* -

Weatherspark.com. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/1819/Clima-promedio-en-Tijuana-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Wilson, A. (2023). *Smart irrigation technology covers “more crop per drop.”* MIT News |

Massachusetts Institute of Technology. Recuperado de: <https://news.mit.edu/2023/gear-lab-creates-affordable-user-driven-smart-irrigation-controller-1025>

Zhong, R., Tian, F., Yang, P., & Yi, Q. (2016). *Planting and irrigation methods for cotton in southern Xinjiang, China. Irrigation and Drainage*. <https://doi.org/10.1002/ird.2015>