

Universidad Empresarial Siglo 21



Licenciatura en Administración Agraria

Trabajo final de Grado – Reporte de Caso

**SISTEMA DE RIEGO SUBTERRANEO
“FINCA LA EMILIA”**

Autor: Ivan Ramiro Savoretti

Legajo: VAAG03456

DNI: 41000303

Director TFG: Hoyos, Hernán Carlos

Resumen

Este informe presenta un análisis detallado sobre la implementación de un sistema de riego por goteo subterráneo en la Finca La Emilia. Este sistema de riego es adaptable a diversos tipos de cultivos y regiones, siempre que se garantice la disponibilidad, calidad y cantidad adecuada de agua en el subsuelo.

A lo largo del documento, se desarrolla un plan integral del proyecto, abarcando su planificación paso a paso, incluyendo ventajas y desafíos, así como sus objetivos y beneficios. Y se presentó un análisis económico y financiero con estimaciones precisas de costos y rentabilidad, expresadas en dólares estadounidenses.

Un aspecto para este tipo de tecnología es la revisión de experiencias previas en la implementación de sistemas de riego subterráneo. En este sentido, se analizaron casos reales en funcionamiento, destacando resultados obtenidos, lo que refuerza la viabilidad y sostenibilidad de este método muy positivo para una eficiencia hídrica.

Palabras clave: riego subterráneo, sostenibilidad, viticultura, innovación, fertirrigación, eficiencia hídrica, producción artesanal.

Abstract

This report provides a detailed analysis of the implementation of a subsurface drip irrigation system at Finca La Emilia. This irrigation system is adaptable to various types of crops and regions, provided that there is adequate availability, quality, and quantity of groundwater resources.

Throughout the document, a comprehensive project plan is developed, covering step-by-step planning, including its advantages and challenges, as well as its objectives and benefits. Additionally, a financial and economic analysis is presented, featuring precise cost estimates and profitability projections, expressed in U.S. dollars.

A key aspect for businesses interested in adopting this technology is the review of previous experiences with subsurface irrigation systems. In this regard, real-life case studies are analyzed, highlighting testimonials and achieved results, further reinforcing the feasibility and long-term sustainability of this method.

Keywords: subsurface irrigation, sustainability, viticulture, innovation, fertigation, water efficiency, artisanal production.

Introducción

Lo largo de su trayectoria, Finca La Emilia, una empresa familiar ubicada en la localidad de Colonia Caroya, ha dedicado más de un siglo a la producción artesanal de vinos de alta calidad. Especializada en los varietales Malbec, Merlot y Cabernet, la bodega ha logrado consolidarse en un mercado altamente competitivo, con el propósito de perpetuar su legado y adaptarse a las nuevas dinámicas del sector como una bodega boutique, manteniendo intacta su tradición desde su fundación.

No obstante, a pesar de sus logros y su posicionamiento en el sector vitivinícola, Finca La Emilia enfrenta importantes desafíos en su camino hacia la sostenibilidad y el crecimiento. Uno de los principales obstáculos radica en la volatilidad de las condiciones climáticas, que en los últimos años se ha intensificado debido al cambio climático, la contaminación ambiental y la gestión inadecuada de los recursos no renovables. Estos factores representan una amenaza significativa para la estabilidad y continuidad de la producción.

En respuesta a estos desafíos, la bodega ha emprendido el desarrollo de un modelo de producción sustentable, basado en la implementación de un sistema de riego subterráneo de última generación. Esta estrategia permitirá a Finca La Emilia preservar la estabilidad productiva ante la escasez de precipitaciones y eventos climáticos extremos, como tormentas de granizo, además de facilitar la renovación y diversificación de sus varietales. La adopción de este enfoque sustentable no solo contribuirá a garantizar la rentabilidad y competitividad a largo plazo, sino que también dotará a la empresa de una mayor capacidad de resiliencia en un entorno en constante evolución.

Marco Conceptual

Ubicada en la localidad de Colonia Caroya, a aproximadamente 50 kilómetros de la ciudad de Córdoba, Finca La Emilia es reconocida como una de las principales productoras artesanales de vino en el país, destacándose por la calidad de sus productos y su arraigada tradición vitivinícola.

Esta empresa familiar tiene sus orígenes en la década de 1990, cuando los descendientes de inmigrantes italianos comenzaron a dedicarse a la agricultura, enfocándose en el cultivo de duraznos y uvas tradicionales de la región. Sin embargo, en el año 2004, el primer heredero de la familia decidió transformar la finca, orientando su producción hacia la vitivinicultura de alta calidad. Este cambio estratégico implicó la

sustitución de los cultivos originales por viñedos especializados en la producción de vinos artesanales.

En esta nueva etapa, la finca incorporó varietales de Malbec, Cabernet y Merlot, importados de Europa, y posteriormente destinó parte de su superficie al cultivo de Sauvignon Blanc. Tras un proceso de desarrollo y ajuste que se extendió por cuatro años, en 2008 se produjeron las primeras cosechas aptas para la comercialización. La implementación de técnicas enológicas avanzadas, como la crianza en barricas de roble, resultó clave para elevar la calidad del producto final, lo que permitió a la finca obtener reconocimientos en competencias nacionales. Estos logros no solo consolidaron su prestigio en el sector, sino que también sirvieron de inspiración para otras fincas de la región, promoviendo la modernización de la industria vitivinícola local y aumentando el reconocimiento de los vinos de Colonia Caroya a nivel nacional.

A raíz de este éxito, Finca La Emilia amplió su presencia en el mercado, estableciendo alianzas estratégicas con hoteles, restaurantes y otros actores del sector gastronómico y turístico. No obstante, entre 2013 y 2015, la empresa enfrentó graves dificultades derivadas de condiciones climáticas adversas, particularmente debido a precipitaciones excesivas, lo que afectó la calidad de los viñedos y, en consecuencia, la producción. A pesar de estos desafíos, la finca logró revertir la situación y recuperarse gradualmente en los años siguientes, fortaleciendo sus prácticas agrícolas y comerciales.

Con la llegada de una nueva generación de administradores, se implementaron estrategias de marketing y publicidad orientadas a fortalecer la identidad de la marca y expandir su alcance en el mercado. Si bien la infraestructura de la finca es modesta, cuenta con los elementos esenciales para garantizar una producción eficiente y de alta calidad. Entre sus instalaciones destacan un galpón con piso lavable, fundamental para mantener condiciones higiénicas óptimas en el proceso de elaboración del vino, y un sótano de almacenamiento, diseñado para la correcta conservación y filtrado de los vinos durante su maduración.

Dadas las condiciones climáticas fluctuantes y el riesgo creciente de eventos meteorológicos extremos, la finca ha identificado la necesidad de adoptar tecnologías que garanticen la estabilidad productiva. Si bien actualmente se emplean telas protectoras para mitigar el impacto del granizo, estas medidas resultan insuficientes frente a sequías prolongadas o tormentas severas. En este contexto, la implementación de un sistema de riego subterráneo se presenta como una solución estratégica para asegurar la disponibilidad hídrica y optimizar el desarrollo de los viñedos.

Si bien este sistema no permite prevenir los fenómenos climáticos adversos, sí proporciona una mayor capacidad de resiliencia al garantizar un suministro constante de agua y nutrientes, lo que favorece una recuperación acelerada de los cultivos. Y su implementación contribuye a la sostenibilidad económica y financiera de la finca, asegurando un flujo de ingresos estable mediante la continuidad en la producción vitivinícola. Este enfoque no solo fortalece la capacidad de la finca para cumplir con sus compromisos comerciales, sino que también le otorga una ventaja competitiva al acceder a nuevos mercados, incluso en contextos climáticos adversos.

Antecedentes

Casos de Éxito:

1. Implementación de Riego Subterráneo en Villa Dolores (Producción de Papa)

El Sr. Antonio Martínez forma parte de una empresa familiar en la localidad de Villa Dolores, Córdoba, dedicada a la producción de papa mediante un sistema de riego por surco, abastecido por los canales del Dique La Viña. Sin embargo, en los últimos años, el nivel del dique ha experimentado una disminución exponencial, reduciendo la disponibilidad de agua para riego y afectando tanto la producción como la calidad del cultivo. Como consecuencia, la rentabilidad de la actividad comenzó a declinar significativamente (Reckmann et al., 2022).

Ante esta problemática, Martínez decidió incorporar un sistema de riego subterráneo con el objetivo de optimizar el uso del agua y reducir la dependencia del cauce natural. Al dejar de utilizar el sistema de riego por surco y reemplazarlo por el riego por goteo subterráneo, logró incrementar la producción y mejorar la calidad del producto, utilizando una menor cantidad de agua por hectárea y garantizando un manejo más eficiente y sostenible del recurso hídrico.

2. Implementación de Riego en Fincas La Andrea (Cultivo Diversificado)

Fincas La Andrea, ubicada al oeste de las Sierras de Córdoba, cerca de San Javier y Yacanto, se especializa en la producción de nogales, olivos, almendras y vides. Tras la adquisición de la finca por un grupo de inversionistas, se inició una fase de análisis y recolección de datos para evaluar la viabilidad de implementar un sistema de riego eficiente.

Este proceso incluyó el estudio de las características del suelo, condiciones climáticas, disponibilidad de agua para riego y experiencias previas en la producción de

frutales y plantas aromáticas. Además, se estableció contacto con la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Córdoba y el INTA Villa Dolores, instituciones que brindaron apoyo técnico en el desarrollo del proyecto (Reckmann et al., 2022).

El análisis geoelectrónico realizado determinó que la finca contaba con un caudal de agua adecuado para la implementación de un sistema de riego por goteo subterráneo. La primera etapa del proyecto abarcó 2,5 hectáreas, con la previsión de expandir la superficie de riego en una segunda fase. Gracias a esta innovación, la finca logró optimizar la eficiencia en el uso del agua, mejorar la productividad de sus cultivos y fortalecer la sustentabilidad de su modelo agrícola.

3. Bodega Catena Zapata: Innovación en la Vitivinicultura

La Bodega es una de las más prestigiosas de Argentina, ubicada en Mendoza, enfrentó desafíos similares a los de Finca La Emilia, principalmente relacionados con las fluctuaciones climáticas y su impacto en la calidad y estabilidad de la producción de uvas.

Para mitigar estos riesgos, la bodega decidió incorporar un sistema de riego subterráneo en sus viñedos, asegurando un suministro constante de agua, incluso en períodos de sequía. Este cambio permitió mantener la calidad del fruto, optimizar el uso del agua y reducir la dependencia de las condiciones climáticas adversas (AgroTV, 2022).

La adopción de esta tecnología no solo garantizó una producción consistente de vinos de alta calidad, sino que también posibilitó la expansión de las operaciones de la bodega a nivel internacional, consolidando su posición en mercados premium. Catena Zapata sigue siendo un referente en la industria vitivinícola, destacándose por sus prácticas innovadoras y sustentables.

Caso de Fracaso:

A diferencia de los casos de éxito, no se han identificado proyectos específicos de riego subterráneo que hayan fracasado por completo. Sin embargo, existen factores críticos que pueden comprometer la viabilidad de este tipo de iniciativas si no se gestionan adecuadamente.

Uno de los problemas más frecuentes ocurre cuando no se realiza un estudio exhaustivo de la disponibilidad de agua en la zona, lo que puede llevar a un déficit hídrico a corto o mediano plazo. Según Reckmann et al. (2022), es fundamental contar con datos históricos sobre los caudales de los acuíferos, ya que una sobreexplotación del recurso sin una planificación adecuada podría comprometer la sustentabilidad del sistema.

Otro factor determinante es la planificación financiera. En muchos casos, los proyectos de riego subterráneo requieren una inversión inicial considerable, por lo que es recomendable implementarlos en etapas. Sin embargo, algunas iniciativas fracasan cuando se invierte en las primeras fases sin prever el financiamiento necesario para su continuidad. La falta de conocimientos económicos y financieros en la formulación del proyecto puede llevar al abandono de la inversión, lo que afecta la rentabilidad a largo plazo.

Finalmente, incluso cuando un sistema de riego se implementa con éxito, es necesario establecer controles y mantenimiento periódico para garantizar su eficiencia a lo largo del tiempo. En algunos casos, la ausencia de un plan de monitoreo y evaluación ha derivado en problemas de desgaste del equipo, obstrucciones en las tuberías y fallas en la distribución del agua, lo que disminuye la efectividad del sistema y afecta la producción.

Análisis por Herramienta Foda

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Producción artesanal y tradicional	Expansión de mercado	Dependencia climática	Cambio climático
Varietales de alta calidad	Crecimiento sostenible	Infraestructura limitada	Competencia intensa
Reconocimientos nacionales	Avances tecnológicos	Recuperación lenta post-clima adverso	Cambios en las preferencias del consumidor
Innovación en producción	Desarrollo de turismo enológico	Incertidumbre en la transición generacional	Regulaciones medioambientales
Diversificación del mercado			

Fuente: elaboración propia

Foda Cruzado

Estrategias (FO)	Estrategias (FA)	Estrategias (DO)	Estrategias (DA)
Aprovechar la reputación de producción artesanal para expandirse en nuevos mercados.	Fortalecer las medidas de protección climática para minimizar el impacto de las amenazas.	Mejorar la infraestructura para apoyar la expansión y crecimiento sostenible.	Incorporar tecnología avanzada para reducir la dependencia climática.
Utilizar los reconocimientos nacionales como parte de la estrategia de marketing.	Diversificar los varietales para adaptarse a las nuevas preferencias del consumidor.	Implementar estrategias de recuperación rápida post-clima adverso.	Reforzar las prácticas de marketing y publicidad para contrarrestar la competencia.
Incorporar tecnología para mejorar la eficiencia y sostenibilidad.	Utilizar la innovación en producción para mantener una ventaja competitiva.	Aprovechar el desarrollo de turismo enológico para fortalecer la marca.	Establecer alianzas estratégicas para cumplir con las regulaciones medioambientales.

Fuente: elaboración propia

Análisis Foda

Finca La Emilia se destaca por su producción artesanal y tradicional de vinos, lo que le ha permitido consolidar una reputación de alta calidad en el mercado. Su especialización en varietales como Malbec, Merlot y Cabernet ha sido reconocido, logrando premios nacionales validan la calidad. La innovación en los procesos de producción, como la crianza en barricas de roble, ha fortalecido su competitividad y ha permitido que la bodega diversifique su mercado, estableciendo alianzas con hoteles, restaurantes y otros sectores.

En cuanto a las oportunidades, la bodega tiene un gran potencial de expansión, porque puede ampliar su presencia en nuevos nichos de mercado y consolidarse a nivel nacional e internacional. Con un enfoque en la sustentabilidad, con la implementación de un sistema de riego subterráneo, representa una ventaja para garantizar la estabilidad

productiva ante condiciones climáticas adversas. También se puede tener en cuenta el avance tecnológico en el sector vitivinícola puede ser aprovechado para mejorar la eficiencia en la producción y mantener la calidad del producto. Otra alternativa puede tener ser el desarrollo del turismo enológico también se presenta como una oportunidad estratégica para diversificar los ingresos y fortalecer la marca.

Sin embargo, Finca La Emilia enfrenta diversas debilidades que pueden afectar su crecimiento. Su dependencia climática representa un desafío, ya que las variaciones en el clima pueden impactar directamente la producción y calidad de los vinos. A esto se suma una infraestructura limitada, lo que podría dificultar la ampliación de la producción y la adopción de nuevas tecnologías. La recuperación ante eventos climáticos adversos suele ser lenta, lo que pone en riesgo la estabilidad financiera de la empresa. Además, la transición generacional puede generar incertidumbre sobre la continuidad del negocio y la implementación de nuevas estrategias empresariales.

Las amenazas externas también son un factor a considerar. El cambio climático es un problema creciente que puede afectar la producción de uvas y comprometer la calidad de los vinos. La competencia en el mercado vitivinícola es intensa, con bodegas más grandes y mejor posicionadas que cuentan con mayores recursos para inversión y comercialización. Además, los cambios en las preferencias de los consumidores pueden representar un reto, ya que la demanda puede inclinarse hacia nuevos productos o formatos. Por otro lado, las regulaciones medioambientales pueden implicar restricciones adicionales y requerir inversiones significativas para su cumplimiento.

Por lo tanto se concluye que se puede considerar que Finca La Emilia cuenta con una base robusta que sustenta la calidad de sus vinos y su reconocimiento en el mercado. Pero que debe fortalecer su capacidad de adaptación ante los desafíos climáticos y del mercado. La implementación de tecnologías sustentables, la exploración de nuevas estrategias comerciales y la capacidad de ajustarse a las preferencias del consumidor serán determinantes para su sostenibilidad y crecimiento a largo plazo.

Análisis de Foda Cruzado

Finca La Emilia presenta un perfil estratégico propicio para la implementación del sistema de riego subterráneo. La combinación de sus fortalezas con esta tecnología permitirá mejorar la eficiencia hídrica y fortalecer su posicionamiento en el mercado vitivinícola. Sin embargo, para garantizar el éxito del proyecto, es crucial analizar cómo

las oportunidades pueden mitigar las debilidades y cómo minimizar las amenazas a través de estrategias efectivas.

El análisis FODA identifica que la finca se distingue por su producción artesanal y la alta calidad de sus variedades, lo que le permite acceder a mercados premium. La innovación tecnológica a través del riego subterráneo optimizará el uso del agua y la fertirrigación, lo que garantizará una producción más estable y sostenible. Además, la finca tiene el potencial de adaptarse al cambio climático mediante un suministro constante de agua y la posibilidad de acceder a incentivos financieros y certificaciones ecológicas.

Sin embargo, existen desafíos significativos. La infraestructura actual es limitada y requiere mejoras para incorporar eficientemente el sistema de riego subterráneo. La inversión inicial es considerable y puede representar un obstáculo financiero si no se gestiona adecuadamente. Asimismo, la falta de capacitación del personal podría afectar la correcta implementación y operación del sistema. Para mitigar estos factores, es fundamental explorar opciones de financiamiento, como créditos agrícolas y programas de modernización agropecuaria, además de desarrollar estrategias de formación para garantizar el uso eficiente del riego.

El contexto externo ofrece oportunidades importantes para el crecimiento de la finca. La creciente demanda de productos sostenibles y responsables con el medio ambiente permite posicionar los vinos de la finca en segmentos de mayor valor. Además, el acceso a tecnologías avanzadas de monitoreo y automatización facilita una gestión más precisa del riego, aumentando la rentabilidad y reduciendo el desperdicio de agua. La posibilidad de obtener beneficios fiscales y apoyo gubernamental para prácticas agrícolas sostenibles refuerza la viabilidad del proyecto.

Las amenazas externas deben abordarse con estrategias preventivas. La crisis climática y la posible reducción del agua subterránea pueden afectar la sostenibilidad del riego si no se implementa una gestión adecuada del recurso. Para contrarrestar este riesgo, es fundamental complementar el sistema con prácticas de conservación del suelo y optimización del consumo hídrico. Las regulaciones ambientales pueden incrementar los costos de producción, lo que obliga a la finca a adoptar certificaciones ambientales y aprovechar incentivos financieros. Además, la competencia en el sector vitivinícola exige una diferenciación clara, lo que hace necesario comunicar los beneficios del sistema de riego subterráneo como una ventaja competitiva.

El desarrollo de estrategias basadas en los pares cruzados del análisis FODA permite maximizar las oportunidades y reducir los riesgos. La certificación ecológica y

una estrategia de marketing orientada a la sostenibilidad pueden consolidar el posicionamiento de la finca en mercados premium. La integración de tecnologías avanzadas de monitoreo permitirá diferenciarse de la competencia mediante un modelo de producción eficiente y responsable. Para mitigar amenazas como la crisis climática y el aumento de regulaciones, es fundamental establecer un control estricto del consumo hídrico y anticiparse a cambios normativos mediante la adopción de prácticas sostenibles. La planificación financiera y la capacitación del personal son claves para superar las debilidades y garantizar que la implementación del riego subterráneo sea efectiva.

Para asegurar una implementación exitosa, la finca debe adoptar una estrategia integral que contemple la planificación financiera, la optimización del uso del agua y la diferenciación comercial. La gestión del financiamiento es esencial para evitar que la inversión inicial afecte la rentabilidad del negocio. La capacitación del personal garantizará el uso eficiente del sistema, reduciendo riesgos operativos. La integración de sensores de humedad y sistemas de monitoreo optimizará el consumo de agua y fertilizantes, garantizando una gestión eficiente de los recursos naturales. En términos comerciales, la obtención de certificaciones ecológicas fortalecerá la imagen de la finca y facilitará el acceso a mercados de alto valor, diferenciándola de sus competidores.

La implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia representa una inversión estratégica para mejorar la eficiencia hídrica, estabilizar la producción y reforzar su posicionamiento en el sector vitivinícola. A pesar de los desafíos en términos de inversión y adaptación tecnológica, una planificación estructurada y una gestión eficiente de los recursos permitirán superar estos obstáculos. La combinación de prácticas sustentables, innovación tecnológica y estrategias de diferenciación comercial consolidará a la finca como un referente en la producción de vinos de alta calidad con un enfoque sostenible.

Relevancia del Caso y justificación

La implementación de un sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia es una estrategia adecuada para garantizar la sostenibilidad y eficiencia en la producción vitivinícola, permitiendo enfrentar los desafíos climáticos y optimizando el uso de los recursos hídricos.

Uno de los principales beneficios es el suministro constante y eficiente de agua, independientemente de la variabilidad climática. En un contexto donde las sequías prolongadas y fenómenos extremos como el granizo o lluvias torrenciales afectan el

desarrollo de los viñedos, contar con un sistema de riego subterráneo permite mantener niveles hídricos óptimos en la zona radicular de las plantas, evitando el estrés hídrico y reduciendo el impacto de condiciones adversas.

Además, tras una tormenta de granizo, los viñedos pueden quedar debilitados y más propensos a enfermedades. Si después de estos eventos no se producen precipitaciones suficientes, la recuperación del cultivo se ve comprometida. Con un riego subterráneo eficiente, es posible restablecer rápidamente la hidratación del suelo y facilitar la regeneración de la planta, asegurando su resistencia y productividad.

Otro aspecto clave es la optimización del uso del agua. A diferencia de otros métodos, el riego subterráneo minimiza las pérdidas por evaporación y escurrimiento, asegurando que el agua llegue directamente a las raíces, lo que no solo mejora la eficiencia hídrica, sino que también reduce costos operativos al disminuir la cantidad de agua requerida. Este enfoque se alinea con las tendencias de producción agrícola sostenible y el cumplimiento de normativas ambientales cada vez más estrictas.

Se considera que el sistema de riego subterráneo permite la implementación de fertirrigación, un método que distribuye nutrientes de manera precisa a través del agua de riego. Esto mejora la eficiencia en la absorción de fertilizantes, reduciendo el uso excesivo de insumos y minimizando la contaminación del suelo y de fuentes de agua subterránea. Con una aplicación controlada, Finca La Emilia podrá mejorar la calidad y sanidad de sus viñedos, obteniendo uvas de mayor calidad para la producción de vinos premium.

Desde una perspectiva económica, aunque la inversión inicial en la instalación del sistema representa un desafío, los beneficios a largo plazo en términos de reducción de costos operativos, estabilidad productiva y eficiencia en el uso de recursos justifican su implementación. Además, la finca puede acceder a financiamiento agropecuario y programas de sostenibilidad, facilitando la inversión sin comprometer su liquidez.

La implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia representa una inversión estratégica que garantiza la estabilidad productiva, optimiza el uso del agua, mejora la calidad de las uvas y refuerza la sostenibilidad del viñedo. Con un diseño adecuado, monitoreo constante y una gestión eficiente, la finca podrá asegurar su crecimiento a largo plazo y consolidar su posición en mercados nacionales e internacionales.

Conclusión Diagnóstica

El análisis realizado en Finca La Emilia demuestra que la implementación del sistema de riego subterráneo es una estrategia clave para fortalecer la estabilidad productiva y garantizar la sostenibilidad del viñedo frente a desafíos ambientales y económicos. La finca enfrenta limitaciones en infraestructura y recursos hídricos, lo que la hace vulnerable a fenómenos climáticos extremos, como sequías prolongadas y lluvias intensas. Sin embargo, cuenta con una producción artesanal reconocida en mercados premium, lo que la posiciona estratégicamente para adoptar prácticas innovadoras que refuercen su competitividad y diferenciación.

El diagnóstico FODA evidenció que la finca posee ventajas competitivas significativas, como la alta calidad de sus variedades y su diferenciación en la producción artesanal. No obstante, el análisis también reveló debilidades, como la necesidad de modernización en su infraestructura y la inversión inicial que requiere la implementación del sistema de riego. Estas debilidades pueden mitigarse con estrategias adecuadas de financiamiento y capacitación del personal, asegurando que la finca optimice el uso del agua y mejore su eficiencia operativa.

Las oportunidades del entorno refuerzan la viabilidad del proyecto, especialmente en un contexto donde la demanda de productos sustentables y con menor impacto ambiental está en constante crecimiento. La incorporación de tecnologías avanzadas de monitoreo y automatización en el riego permitirá una gestión más eficiente del agua y los fertilizantes, asegurando una producción estable y rentable. Sin embargo, es necesario considerar las amenazas externas, como la competencia con productores que ya aplican técnicas avanzadas de riego, el aumento de regulaciones ambientales y la reducción de la disponibilidad de agua subterránea debido a la crisis climática.

A partir de este diagnóstico, se concluye que la implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia es una inversión estratégica que permitirá mejorar la eficiencia hídrica, reducir costos operativos y garantizar la calidad de la producción vitivinícola. Para lograr una transición exitosa, es fundamental desarrollar un plan de implementación progresivo, acceder a fuentes de financiamiento para reducir el impacto de la inversión inicial y capacitar al personal en la operación y mantenimiento del sistema.

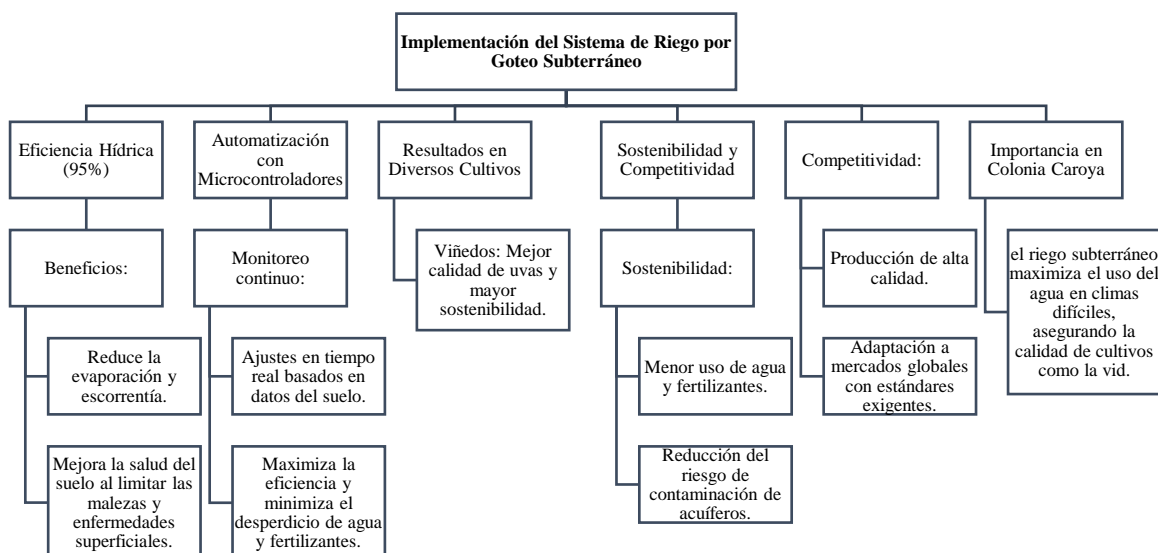
La adopción de esta tecnología no solo asegurará la sostenibilidad del viñedo a largo plazo, sino que también permitirá a Finca La Emilia consolidarse como un modelo de innovación y sustentabilidad dentro de la industria vitivinícola. Si bien existen desafíos en términos de inversión y adaptación tecnológica, estos pueden superarse con una planificación estructurada y una gestión eficiente de los recursos, garantizando que la

finca no solo mantenga su prestigio en el mercado, sino que también se proyecte hacia un crecimiento sostenible y rentable en el futuro.

Marco teórico

Entre estas técnicas avanzadas, el riego por goteo subterráneo se destaca por su capacidad para aplicar agua de manera precisa directamente en la zona radicular de las plantas, reduciendo pérdidas por evaporación y escorrentía. Este sistema no solo mejora la eficiencia del riego, sino que también se integra con tecnologías de control y monitoreo, como los microcontroladores, para optimizar aún más su desempeño.

Esquema conceptual.



Fuente: Elaboración propia

Riego por Goteo Subterráneo: Características y Beneficios

El riego por goteo subterráneo consiste en la instalación de tuberías perforadas debajo de la superficie del suelo, a través de las cuales el agua se distribuye de manera controlada y directa a las raíces de las plantas. Este sistema ha demostrado ser altamente eficiente en el uso del agua, con una eficiencia que puede alcanzar hasta el 95%, lo que es crucial en regiones con recursos hídricos limitados (Figuroa, 2009).

En cuanto al mantenimiento de la superficie del suelo más seca, se reduce la proliferación de malezas y la aparición de enfermedades relacionadas con la humedad, contribuyendo a una mejor salud de los cultivos (Génova et al., 2013).

La implementación de un sistema de riego por goteo subterráneo se ha visto potenciada por la integración de tecnologías de control y monitoreo. El uso de microcontroladores, como Arduino, permite automatizar y optimizar el riego en función de las necesidades específicas de los cultivos, mejorando la eficiencia y reduciendo los costos operativos, este enfoque permite ajustar la cantidad de agua aplicada en tiempo real, basándose en datos precisos sobre las condiciones del suelo y las necesidades de las plantas (Cifuentes Meza, 2016).

Simón Mori (2018) destaca que la incorporación de microcontroladores en los sistemas de riego por goteo subterráneo no solo optimiza el uso de agua, sino que también facilita la recolección de datos para un análisis más detallado de las necesidades de las plantas. Esta capacidad de monitoreo continuo permite a los agricultores ajustar las estrategias de riego y fertilización de manera más precisa, lo que se traduce en una mejor salud de las plantas y una mayor productividad.

Aplicaciones y Resultados en Diferentes Cultivos

Estudios realizados en diversas regiones han demostrado los beneficios del riego por goteo subterráneo en una variedad de cultivos. Por ejemplo, en el cultivo de banano, esta técnica ha mostrado una mejora significativa en la eficiencia del uso del agua y en la protección de las plantas contra los vientos, lo que ha reducido las pérdidas económicas (Varona, 2015).

Es similar, en la producción de forraje, se ha observado un incremento en la materia seca por hectárea y una mayor eficiencia en el uso del agua comparado con métodos de riego tradicionales (González et al., 2006).

Estudios han mostrado que la implementación de riego por goteo subterráneo en viñedos no solo optimiza el uso del agua, sino que también tiene un impacto positivo en la calidad de las uvas. En regiones como Mendoza, Argentina, donde las condiciones climáticas son variables, ha ayudado a estabilizar la producción. Influye en la concentración de azúcares y otros componentes de las uvas, mejorando así la calidad del vino (Génova et al., 2013).

También ha demostrado ser beneficioso en términos de sostenibilidad. Al reducir la necesidad de riego superficial, este sistema disminuye la proliferación de malezas y la

aparición de enfermedades relacionadas con la humedad en la superficie del suelo, como la botritis, que puede afectar a la calidad del vino, la reducción de estos problemas no solo mejora la salud general de las plantas, sino que también reduce la necesidad de intervenciones químicas, lo que es un paso importante hacia una viticultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Lamm, 2005).

En comparación con otros métodos de riego, se mostró mayor eficiencia en el uso del agua, lo que se traduce en una reducción de los costos operativos y una mejor gestión de los recursos hídricos, especialmente en regiones afectadas por la sequía. Esta técnica también facilita la aplicación de fertilizantes a través de la fertirrigación, lo que mejora la absorción de nutrientes por las raíces y, en consecuencia, la salud y productividad de las vides (Simón Mori, 2018).

Esta tecnología promete eficiencia hídrica, la calidad del producto final y la sostenibilidad a largo plazo de la producción vitivinícola.

Sostenibilidad y Competitividad en la Agricultura

El riego subterráneo no solo mejora significativamente la eficiencia hídrica, sino es parte de la sostenibilidad ambiental al reducir la cantidad de agua y fertilizantes necesarios para mantener la productividad agrícola (Simón Mori, 2018).

Este sistema minimiza las pérdidas por evaporación y escorrentía, permitiendo que el agua llegue directamente a las raíces de las plantas, lo que asegura un uso óptimo de este recurso vital (Cifuentes Meza, 2016).

La capacidad del riego subterráneo para facilitar la fertirrigación —la aplicación de nutrientes directamente en la zona radicular— optimiza la absorción de fertilizantes. Esto no solo incrementa la eficiencia del uso de nutrientes, reduciendo la cantidad necesaria de fertilizantes, sino que también disminuye el riesgo de contaminación de los acuíferos y suelos, un problema común cuando se emplean métodos de riego tradicionales (Lamm, 2005).

Además de su impacto positivo en el medio ambiente, el sistema de riego subterráneo asegura un suministro constante y preciso de agua, lo que es fundamental para mantener la calidad y cantidad de la producción agrícola. Este control preciso del riego permite a los productores evitar tanto el estrés hídrico como el exceso de agua (Simón Mori, 2018).

Los distintos factores que pueden afectar negativamente el crecimiento y la calidad de los cultivos. En cultivos de alto valor, como la vid, las frutas y ciertos

vegetales, esta precisión es esencial para garantizar que el producto final cumpla con los estándares de calidad exigidos por los mercados más competitivos (Cifuentes Meza, 2016).

La capacidad de mantener una producción estable y de alta calidad no solo refuerza la sostenibilidad económica de las explotaciones agrícolas, sino que también fortalece su competitividad en el mercado global (Figueroa, 2009).

En un contexto donde los consumidores y reguladores están cada vez más preocupados por la sostenibilidad, los productores que adoptan sistemas de riego subterráneo pueden diferenciarse como líderes en prácticas agrícolas sostenibles, lo que puede abrir puertas a mercados premium y obtener precios más altos por sus productos (Cifuentes Meza, 2016).

La adopción de sistemas de riego subterráneo puede reducir los costos operativos a largo plazo. Al disminuir la cantidad de agua y fertilizantes necesarios, así como los costos asociados a la gestión de enfermedades y malezas, los agricultores pueden mejorar sus márgenes de ganancia (Cifuentes Meza, 2016).

Es especialmente destacable que en un entorno agrícola donde los márgenes están bajo presión debido a la volatilidad de los precios de los insumos y los efectos del cambio climático. Por lo tanto, no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también es una estrategia sólida para mejorar la viabilidad económica y la resiliencia de las explotaciones agrícolas en el largo plazo (Figueroa, 2009).

Este tipo de riego no solo mejora la eficiencia hídrica, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la necesidad de agua y fertilizantes. La capacidad de este sistema para facilitar la fertirrigación —la aplicación de nutrientes directamente a las raíces— garantiza un uso más eficiente de los fertilizantes, lo que minimiza el impacto ambiental y mejora la productividad de los cultivos (Lamm, 2005).

Importancia en Colonia Caroya, Córdoba

En regiones como Colonia Caroya, donde las condiciones climáticas son semiáridas y las lluvias son irregulares, la implementación de un sistema de riego por goteo subterráneo es particularmente recomendable. Este sistema permite maximizar el uso del agua disponible, asegurando que los cultivos reciban la cantidad necesaria de agua incluso durante períodos de escasez (Génova et al., 2013).

Al proteger los cultivos de los efectos adversos de las sequías y mantener una humedad adecuada en la zona radicular, se garantiza la calidad del producto final, lo cual

es esencial en la producción vitivinícola y de frutales que caracteriza a esta región (Figueroa, 2009).

La integración de tecnologías de control y monitoreo, como los microcontroladores, ofrece un nivel de precisión y eficiencia sin precedentes, lo que asegura la viabilidad y éxito a largo plazo de la agricultura en regiones con desafíos climáticos (Simón Mori, 2018).

En regiones como Colonia Caroya, donde las condiciones climáticas son semiáridas y las lluvias son irregulares, la implementación de un sistema de riego por goteo subterráneo es especialmente beneficiosa. Este sistema maximiza el uso del agua disponible, asegurando que los cultivos reciban la cantidad necesaria incluso en períodos de escasez (Génova et al., 2013). Al proteger los cultivos de los efectos adversos de la sequía y mantener una humedad adecuada en la zona radicular, se garantiza la calidad del producto final, lo cual es crucial en la producción vitivinícola y de frutales que caracteriza a esta región (Figueroa, 2009). Además, la integración de tecnologías de control y monitoreo, como los microcontroladores, ofrece un nivel de precisión sin precedentes, asegurando la viabilidad y éxito a largo plazo de la agricultura en regiones con desafíos climáticos (Simón Mori, 2018).

Plan de implementación

Antes de implementar el sistema de riego subterráneo en la Finca La Emilia, es importante analizar bien su viabilidad en todos los aspectos: técnicos, económicos y ambientales. Esto nos permitirá verificar que realmente mejorará el uso del agua, aumentará la calidad de los viñedos y hará que la finca sea más sostenible. A continuación, se detallan los objetivos clave para confirmar que este proyecto será efectivo y beneficioso para la producción a largo plazo.

Objetivo General:

Analizar la implementación de un sistema de riego subterráneo en la Finca La Emilia para confirmar su viabilidad técnica y económica, mejorando la sustentabilidad de la producción de uvas frente a condiciones climáticas adversas.

Objetivos Específicos:

- I. Analizar el uso de los recursos hídricos: Verificar que la instalación del sistema de riego subterráneo maximice la eficiencia del uso del agua, disminuyendo pérdidas por evaporación y filtración, asegurando un suministro constante y controlado para los viñedos, incluso en períodos de sequía.
- II. Confirmar la mejora en la productividad y calidad del viñedo: Analizar el impacto de la implementación de técnicas de fertirrigación a través del sistema de riego subterráneo para verificar que optimice el suministro de nutrientes, mejorando la salud de las plantas y la calidad de las uvas, lo que resultará en vinos artesanales de mayor calidad.
- III. Verificar la sostenibilidad económica y ambiental de la finca: Confirmar la reducción de costos operativos asociados al uso de agua y fertilizantes, minimizando el impacto ambiental y asegurando la rentabilidad de la finca a largo plazo, incluso frente a las fluctuaciones climáticas y del mercado.

Plan de Acción

El plan de acción para la implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia debe estar bien estructurado y respaldado por referencias técnicas que validen su viabilidad. Cada etapa del proceso debe estar alineada con estudios previos y marcos teóricos que respalden las decisiones tomadas en la planificación del proyecto.

El primer paso en la ejecución del plan consiste en la evaluación del suelo y el terreno, un factor determinante para el éxito del sistema de riego subterráneo. Según estudios previos, la composición del suelo y su capacidad de infiltración deben ser analizadas para garantizar una correcta distribución del agua en las raíces de las plantas (Figuroa, 2009). Se llevarán a cabo estudios de textura, drenaje y retención hídrica para determinar las condiciones óptimas del viñedo y ajustar el diseño del sistema en consecuencia (Riera & Barrionuevo, 2015).

La segunda fase implica el diseño e instalación del sistema de riego, que abarca desde la planificación de la distribución de tuberías hasta la selección del sistema de bombeo adecuado. Es fundamental que la profundidad y espaciamiento de las tuberías permitan una irrigación homogénea, evitando saturaciones o deficiencias hídricas en la zona radicular. Estudios indican que un diseño bien planificado puede reducir en un 25% el consumo de agua en cultivos agrícolas (Lamm, 2005). La instalación del sistema se

llevará a cabo siguiendo estándares técnicos recomendados en la industria vitivinícola (Cifuentes Meza, 2016).

El tercer paso es la automatización y monitoreo del sistema, mediante la incorporación de sensores de humedad y tecnologías de control remoto. Investigaciones han demostrado que el uso de sensores integrados mejora la eficiencia del riego y optimiza la absorción de agua por parte de las plantas (Ramírez Díaz & Vergara Sierra, 2020). Se establecerán protocolos para la calibración de los sensores y su sincronización con el sistema de riego, asegurando que el agua se distribuya de manera eficiente y sin desperdicios (Simón Mori, 2018).

La cuarta fase se centra en la capacitación del personal y mantenimiento preventivo, asegurando que los operadores del sistema comprendan su funcionamiento y puedan realizar ajustes según sea necesario. El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2022) destaca que una correcta capacitación reduce los errores operativos y mejora la longevidad del sistema. La finca implementará un programa de formación que incluirá el manejo de sensores, interpretación de datos y estrategias para el mantenimiento preventivo del sistema.

El último paso del plan de acción es la evaluación del impacto del sistema de riego, considerando variables como el consumo de agua, la eficiencia en la fertirrigación y la estabilidad en la producción vitivinícola. Estudios demuestran que el riego subterráneo, cuando se gestiona adecuadamente, puede incrementar la eficiencia en la absorción de nutrientes en más de un 20% y reducir costos operativos relacionados con el uso de fertilizantes (Varona, 2015). Se establecerán mediciones comparativas con datos previos a la implementación, asegurando que la finca pueda ajustar sus prácticas agrícolas para maximizar los beneficios del sistema.

El desarrollo del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia se fundamenta en la optimización del uso del agua, la reducción de costos y el fortalecimiento de su posicionamiento como un viñedo sostenible y eficiente.

Alcances

Los alcances de este proyecto incluyen la instalación y puesta en funcionamiento de un sistema de riego subterráneo en toda el área de viñedos de la Finca La Emilia. Se espera que esta implementación optimice el uso del agua, asegurando un riego eficiente y constante, independientemente de las fluctuaciones climáticas. Además, se prevé que el sistema permita una mejora en la calidad y cantidad de la producción de uvas,

contribuyendo a la estabilidad financiera y productiva de la finca. El proyecto también abarca la capacitación del personal en el uso y mantenimiento del sistema, garantizando su operación sostenible a largo plazo.

Viabilidades

Viabilidad comercial

La implementación de un sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia representa una oportunidad estratégica para fortalecer su competitividad y asegurar la estabilidad de su producción.

- **Mejora en la calidad del producto:** El riego subterráneo garantizará un suministro uniforme de agua y nutrientes, lo que resultará en uvas de mayor calidad, potenciando el sabor, textura y aroma del vino. Este aspecto diferenciará a la finca en un mercado donde la excelencia es clave para atraer consumidores exigentes.
- **Estabilidad productiva:** Al reducir la dependencia climática, la finca podrá mantener un volumen constante de producción, incluso en períodos de sequía. Esto permitirá cumplir con los compromisos comerciales de manera confiable, fortaleciendo la relación con clientes y distribuidores.
- **Expansión a mercados premium:** La combinación de alta calidad y prácticas agrícolas sostenibles facilitará la entrada en mercados exclusivos, tanto a nivel nacional como internacional. Los consumidores y distribuidores de vinos boutique valoran cada vez más los métodos de producción ecológicos y responsables.
- **Reducción de costos y mayor competitividad:** Aunque el riego subterráneo implica una inversión inicial, a largo plazo optimiza el uso del agua y los fertilizantes, disminuyendo costos operativos. Esta eficiencia permitirá fijar precios competitivos sin comprometer la rentabilidad.
- **Valor agregado en marketing:** La adopción de tecnología sustentable mejorará la imagen de la marca, alineándola con las tendencias del mercado, donde los consumidores buscan productos respetuosos con el medio ambiente. Promocionar este enfoque sostenible generará mayor fidelidad y atracción de nuevos clientes.

La implementación del sistema de riego subterráneo no solo garantizará la continuidad y calidad de la producción, sino que también fortalecerá la competitividad

de la finca, facilitando su posicionamiento en mercados de alto valor y consolidando su crecimiento a largo plazo.

Viabilidad Técnica

La instalación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia requiere seguir un proceso estructurado que garantice su eficiencia y sostenibilidad. A continuación, se detallan los pasos clave para su implementación y los recursos necesarios.

Pasos para la Implementación Técnica

1. **Estudio del terreno y análisis del suelo:** Se evalúan las características del suelo para garantizar una distribución eficiente del agua. Se analiza el drenaje natural para evitar encharcamientos que puedan afectar las raíces de las plantas y generar enfermedades.
2. **Diseño del sistema de riego:** Se define la ubicación de las tuberías, válvulas y filtros según la topografía de la finca y el tipo de cultivo. Este diseño busca optimizar la irrigación en toda la superficie del viñedo.
3. **Instalación de tuberías subterráneas:** Se colocan tuberías perforadas a una profundidad adecuada para dirigir el agua directamente a las raíces. Este proceso requiere excavadoras y herramientas especializadas.
4. **Integración del sistema de bombeo:** Se instala una bomba de agua para garantizar un flujo constante desde los tanques de almacenamiento o pozos hasta el sistema de riego.
5. **Automatización y monitoreo:** Se incorporan sensores de humedad en el suelo y un sistema de control automatizado para ajustar el riego según las necesidades de las plantas, evitando el desperdicio de agua.
6. **Fertirrigación:** Se integra un sistema para distribuir fertilizantes junto con el agua de riego, asegurando una nutrición equilibrada para las plantas y optimizando el uso de insumos.
7. **Capacitación del personal:** El equipo encargado del manejo del sistema recibe formación en operación, mantenimiento y análisis de datos de sensores para garantizar el uso eficiente del sistema.

Recursos Necesarios y su Uso

- **Tuberías y accesorios para riego subterráneo:** Distribuyen el agua de manera uniforme a las raíces de las plantas.
- **Bomba de agua:** Permite el suministro constante de agua desde los tanques de almacenamiento o pozos.
- **Sistemas de control y monitoreo:** Sensores y microcontroladores ajustan el riego según la humedad del suelo, evitando desperdicios.
- **Tanques de almacenamiento:** Garantizan un suministro de agua en periodos secos.
- **Fertilizantes y nutrientes:** Se integran en el sistema de fertirrigación para mejorar la eficiencia de la nutrición de las plantas.
- **Materiales de instalación:** Excavadoras y herramientas para la colocación de tuberías y otros componentes.
- **Técnicos especializados en riego:** Se encargan de la instalación y supervisión del sistema.
- **Mano de obra general:** Realiza la instalación física del sistema, incluyendo la colocación de tuberías y bombas.
- **Agrónomos y expertos en fertirrigación:** Ajustan la estrategia de fertilización para maximizar el rendimiento del viñedo.
- **Estudio de viabilidad técnica:** Evalúa las condiciones del suelo y la disponibilidad de agua para garantizar la efectividad del sistema.
- **Capacitación del personal:** Asegura que el equipo de la finca pueda operar y mantener el sistema de manera eficiente.

Recursos Humanos

Para la implementación del sistema, se requiere un equipo con funciones bien definidas.

- **Gerente del Proyecto:** Supervisa la instalación, controla el presupuesto y coordina las actividades. Puede asumir este rol el administrador de la finca.
- **Ingeniero Agrónomo:** Diseña la estrategia de riego y fertilización. Si la finca cuenta con un agrónomo, puede desempeñar esta función.
- **Técnicos en Riego:** Instalan y dan mantenimiento al sistema. Se recomienda contratar especialistas si no hay personal capacitado en la finca.
- **Encargado de Mantenimiento:** Realiza revisiones y reparaciones menores. Puede ser un miembro del equipo de la finca con formación en riego.

Si la finca dispone de técnicos o agrónomos capacitados, pueden encargarse de la instalación con el apoyo de proveedores especializados. A largo plazo, es recomendable capacitar al personal en el manejo y mantenimiento del sistema para asegurar su correcto funcionamiento y eficiencia operativa.

La implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia es viable con los recursos adecuados y una planificación estructurada. Este sistema permitirá maximizar la productividad y eficiencia hídrica al integrar tecnología, capacitación y gestión eficiente del agua. Su correcto desarrollo garantizará una producción estable y sostenible, alineada con los estándares de calidad y sustentabilidad del sector vitivinícola.

Viabilidad Legal

Para la implementación de un sistema de riego subterráneo en Argentina, específicamente en la Finca La Emilia (ubicada en Colonia Caroya, Córdoba), es esencial cumplir con una serie de leyes y normativas a nivel nacional, provincial y local. Estas leyes regulan el uso del agua, la gestión de los recursos naturales, y los impactos ambientales de la actividad agrícola. A continuación, se detallan las principales normativas que debes tener en cuenta:

1. Ley Nacional de Aguas (Ley 25.688)

Resumen: Esta ley establece los principios para la gestión sustentable de los recursos hídricos en todo el país. Regula el uso, conservación y preservación del agua como recurso estratégico y fundamental para la actividad agrícola.

Aspectos relevantes: Cualquier uso de agua para riego, ya sea superficial o subterráneo, debe cumplir con los principios de sostenibilidad, prevención de la contaminación, y uso racional del recurso. El acceso al agua debe estar autorizado por las autoridades correspondientes, en este caso, las de la provincia de Córdoba.

2. Código de Aguas de la Provincia de Córdoba

Resumen: Este código regula específicamente el uso y gestión del agua en la provincia de Córdoba. Establece los derechos y obligaciones de los usuarios del agua, tanto para riego como para otros usos productivos.

Aspectos relevantes: Para implementar un sistema de riego, se debe solicitar una **concesión de uso de agua** a la autoridad provincial, generalmente la Administración Provincial de Recursos Hídricos (APRHI). Esta concesión otorga el derecho a utilizar

agua de fuentes subterráneas o superficiales y establece los volúmenes permitidos, así como las condiciones de uso.

Permiso de perforación: Si el sistema de riego utiliza agua de un pozo subterráneo, es necesario tramitar un permiso específico para realizar la perforación del pozo y utilizar el recurso hídrico subterráneo.

3. Ley General del Ambiente (Ley 25.675)

Resumen: Esta ley establece las políticas ambientales en Argentina, promoviendo un desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente.

Aspectos relevantes: La instalación de un sistema de riego subterráneo debe cumplir con los principios ambientales de esta ley, lo que puede implicar la presentación de un **estudio de impacto ambiental** (EIA) en algunos casos. Si el proyecto de riego subterráneo es considerado de alto impacto ambiental, es probable que la autoridad provincial requiera un análisis de los efectos potenciales en el entorno natural.

4. Normativa sobre el Uso de Agroquímicos y Fertilizantes

Resumen: En caso de que el sistema de riego subterráneo también se utilice para fertirrigación (aplicación de fertilizantes a través del agua de riego), es importante cumplir con las regulaciones específicas sobre el uso de fertilizantes y agroquímicos.

Aspectos relevantes: En Córdoba, la normativa establece que debe respetarse la aplicación controlada y segura de productos agroquímicos, respetando las distancias mínimas de las áreas urbanas y cumpliendo con las buenas prácticas agrícolas (BPA). El uso de estos productos debe estar registrado y controlado para evitar la contaminación de los suelos y cuerpos de agua.

5. Autorizaciones Municipales

Resumen: A nivel local, el municipio de Colonia Caroya puede tener normativas específicas sobre la implementación de sistemas de riego, especialmente en lo que respecta a la infraestructura agrícola.

Aspectos relevantes: Es posible que sea necesario obtener una autorización o permiso de obra para la instalación de las tuberías y otros componentes del sistema de riego subterráneo, especialmente si se realizan excavaciones de gran envergadura.

6. Normativa de Conservación de Suelos

Resumen: Las leyes de conservación de suelos tienen como objetivo evitar la degradación del suelo por prácticas agrícolas inadecuadas.

Aspectos relevantes: El sistema de riego subterráneo debe cumplir con las normativas de conservación, asegurando que el agua aplicada no cause erosión, salinización u otros problemas de deterioro del suelo.

7. Registro de Usuarios de Aguas Subterráneas

Resumen: En Córdoba, los usuarios que extraen agua subterránea para riego deben registrarse en el Registro de Usuarios de Aguas Subterráneas.

Aspectos relevantes: Si la finca utilizará pozos para abastecer el sistema de riego subterráneo, será necesario inscribirse en este registro y cumplir con los requisitos y reportes periódicos de consumo y extracción.

8. Ley de Promoción de Inversiones en Tecnologías Sostenibles

Resumen: Esta ley promueve la implementación de tecnologías sostenibles en el sector agropecuario y ofrece incentivos fiscales y financieros para proyectos que mejoren la eficiencia en el uso de los recursos naturales.

Aspectos relevantes: La implementación de un sistema de riego subterráneo, al ser una tecnología que promueve la eficiencia hídrica y la sostenibilidad, puede calificar para incentivos y subsidios, lo que puede reducir el costo de la inversión inicial.

Para implementar el sistema de riego subterráneo en la Finca La Emilia, es necesario cumplir con una serie de normativas relacionadas con el uso del agua, la protección ambiental, la perforación de pozos, y las buenas prácticas agrícolas. Será fundamental tramitar las concesiones de agua necesarias, realizar estudios de impacto ambiental si es requerido, y obtener permisos locales para la instalación del sistema. Al cumplir con estas leyes, no solo se asegura la legalidad del proyecto, sino que también se fomenta un manejo más sostenible y responsable de los recursos naturales

Viabilidad Ambiental

La implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia tiene efectos tanto positivos como negativos en el entorno natural. Para garantizar su sostenibilidad, es fundamental identificar estos impactos y aplicar medidas correctivas cuando sea necesario.

Impactos Negativos y Medidas Correctivas

- **Sobreexplotación de recursos hídricos subterráneos:** Si el agua utilizada proviene de pozos, existe el riesgo de extraer más de lo que el acuífero puede reponer, afectando no solo a la finca, sino también al ecosistema y a otros usuarios del recurso.
 - **Medida correctiva:** Monitorear el nivel freático y ajustar la extracción dentro de los límites permitidos por la legislación para asegurar su sustentabilidad.
- **Contaminación del suelo y acuíferos por fertirrigación:** La aplicación excesiva o inadecuada de fertilizantes puede generar lixiviación de nutrientes, afectando la calidad del agua subterránea.
 - **Medida correctiva:** Implementar un control riguroso de la cantidad y tipo de fertilizantes aplicados, además de realizar análisis periódicos del suelo y el agua.
- **Alteración de la estructura del suelo:** El uso continuo del sistema puede provocar compactación o acumulación de sales en la zona radicular si no se gestiona correctamente.
 - **Medida correctiva:** Utilizar sensores de humedad para optimizar el riego y evitar problemas de compactación o salinización.
- **Impacto en la biodiversidad local:** La instalación del sistema y la modificación del régimen hídrico pueden alterar los ecosistemas circundantes, afectando la flora y fauna dependiente del agua superficial.
 - **Medida correctiva:** Diseñar la instalación del sistema minimizando su impacto ambiental y restaurar el área intervenida una vez finalizada la obra.

Beneficios Ambientales del Sistema de Riego Subterráneo

- **Eficiencia en el uso del agua:** Al aplicar el agua directamente en la zona radicular, se reducen las pérdidas por evaporación y escorrentía, lo que es clave en regiones con escasez hídrica.
 - **Impacto positivo:** Conserva un recurso crítico y disminuye la competencia por el agua entre distintos sectores.

- **Reducción del consumo de fertilizantes y agroquímicos:** La fertirrigación dirigida evita pérdidas de nutrientes y minimiza el uso excesivo de fertilizantes.
 - **Impacto positivo:** Menos contaminación del suelo y cuerpos de agua, promoviendo un modelo agrícola más sustentable.
- **Mejora de la calidad del suelo:** Mantener la superficie seca reduce la proliferación de malezas y enfermedades fúngicas, disminuyendo el uso de herbicidas y fungicidas.
 - **Impacto positivo:** Menor dependencia de agroquímicos, preservando la fertilidad del suelo y la biodiversidad.
- **Sostenibilidad agrícola:** Al optimizar el uso de los recursos naturales, se reduce la huella hídrica y se mejora el manejo ambiental de la finca.
 - **Impacto positivo:** Mayor resiliencia ante el cambio climático y menor impacto en los ecosistemas locales.
- **Prevención de la erosión del suelo:** El riego superficial contribuye a la erosión por escurrimiento, mientras que el riego subterráneo evita este problema al aplicar el agua debajo de la superficie.
 - **Impacto positivo:** Conservación de la estructura y fertilidad del suelo a largo plazo.
- **Adaptabilidad a cambios climáticos:** Un sistema de riego eficiente permite hacer frente a sequías y eventos climáticos extremos sin sobreexplotar los recursos hídricos.
 - **Impacto positivo:** Asegura la continuidad de la producción y mejora la resiliencia del agroecosistema.

El sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia representa una oportunidad para optimizar el uso del agua, reducir el impacto ambiental de la producción agrícola y mejorar la sostenibilidad del suelo. Sin embargo, su implementación debe ir acompañada de una gestión responsable para evitar la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de suelos.

Con un monitoreo adecuado y la aplicación de buenas prácticas agrícolas, los beneficios ambientales superan ampliamente los riesgos, convirtiendo este sistema en una solución sustentable y viable para la producción vitivinícola.

Viabilidad Financiera

La implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia requiere una inversión inicial significativa. Para ello, se han identificado los recursos materiales necesarios y se ha elaborado un presupuesto detallado.

Recursos Materiales y Costos Asociados:

Para el desarrollo del sistema de riego subterráneo, se consideran los siguientes recursos:

- **Tuberías y accesorios:** Incluyen tuberías perforadas, válvulas, filtros y conexiones necesarias para la distribución eficiente del agua.
- **Bomba de agua:** Garantiza la presión y el caudal adecuados para el correcto funcionamiento del sistema.
- **Sistemas de control y monitoreo:** Comprende sensores de humedad, caudalímetros y equipos de automatización para optimizar la operación del riego.
- **Tanques de almacenamiento:** Permiten acumular agua para su uso en períodos secos o con restricciones de suministro.
- **Fertilizantes y nutrientes:** Insumos para el sistema de fertirrigación, facilitando una nutrición más eficiente y uniforme en el cultivo.
- **Materiales de instalación:** Equipos y herramientas como excavadoras y herramientas manuales para la construcción e instalación del sistema.

Presupuesto

Presupuesto detallado para la instalación del sistema de riego subterráneo en la Finca La Emilia, basado en el análisis y costos mencionados en el documento, con una fecha estimada de ejecución de 10 meses, dividido en tres áreas.

1. Materiales y Equipamientos

Ítem	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Tuberías perforadas para riego subterráneo	5,000 metros	5.00	25,00
Válvulas y filtros	15 unidades	120.00	1,80
Bomba de agua	1 unidad	8,000.00	8,00
Sensores de humedad y automatización	10 sensores	400.00	4,00
Tanques de almacenamiento de agua	2 unidades	3,500.00	7,00

Fertilizantes y nutrientes (fertirrigación)	500 kg	2.50	1,25
Materiales de instalación (excavación, conexiones, herramientas)	-	-	6,50
Costos administrativos y permisos	-	-	1,50
Subtotal Materiales y Equipos	-	-	55,05

Fuente: Elaboración Propia

2. Mano de Obra y Servicios Técnicos

Servicio	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Instalación de tuberías y válvulas	5,000 metros	2.50	12,50
Instalación de bomba de agua	1 unidad	1,500.00	1,50
Integración de sensores y automatización	10 sensores	300.00	3,00
Mantenimiento preventivo y pruebas iniciales	-	-	2,00
Capacitación del personal	5 personas	600.00	3,00
Subtotal Mano de Obra y Servicios	-	-	22,00

Fuente: Elaboración Propia

3. Costos Indirectos y Contingencias

Ítem	Costo Total (USD)
Gastos administrativos y de supervisión	2,00
Imprevistos y contingencias (10%)	6,00
Subtotal Costos Indirectos	8,00

Fuente: Elaboración Propia

Total General del Presupuesto

Concepto	Costo Total (USD)
Materiales y Equipamiento	55,05
Mano de Obra y Servicios Técnicos	22,00
Costos Indirectos y Contingencias	8,00
Total Estimado del Proyecto	85,05

Fuente: Elaboración Propia

Opciones de Financiamiento

1. **Créditos agropecuarios:**
 - **Banco Nación Argentina:** financiamiento de proyectos sustentables.
 - **Líneas de crédito verdes:** programas de incentivo para optimización de recursos hídricos.
2. **Subsidios y apoyo gubernamental:**
 - **Programas de modernización agrícola** en la provincia de Córdoba.
3. **Estrategia Mixta:**
 - Financiamiento externo parcial + capital propio de la finca.

Viabilidad económica

Para realizar un análisis económico, se ejecutan los índices de inversión de VAN TIR Y ROI.

La tabla de flujos de caja para los 10 años es la siguiente:

Año	Flujo de Caja
0	-86000
1	16685,1524
2	16685,1524
3	16685,1524
4	16685,1524
5	16685,1524
6	16685,1524
7	16685,1524
8	16685,1524
9	16685,1524
10	16685,1524

Fuente: elaboración propia

Fórmulas empleadas:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - C_0$$

Donde:

- Flujo de caja en el período a 10 años

- Tasa de descuento (10%)
- Inversión inicial (USD 36,000)
- **TIR:** $0 = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - C_0$

A continuación, se detallan los resultados obtenidos y su interpretación:

1. Valor Actual Neto (VAN): USD 9,148.31

El VAN positivo indica que, al descontar los flujos de caja futuros a una tasa del 10%, el proyecto generará un valor adicional de USD 9,148.31, lo que confirma que la inversión no solo recuperará su costo inicial de USD 86,000, sino que también ofrecerá beneficios adicionales. Este resultado sugiere que el proyecto es rentable en términos absolutos y que contribuirá al crecimiento financiero de la finca.

2. Tasa Interna de Retorno (TIR): 18.16%

La TIR del 18.16% supera la tasa de descuento utilizada (10%), lo que significa que el proyecto genera un rendimiento superior al costo de oportunidad del capital. Esto refuerza la conclusión de que la inversión es atractiva y tiene un margen de rentabilidad que justifica su ejecución.

3. Retorno sobre la Inversión (ROI): 72.22%

El ROI del 72.22% refleja que, por cada dólar invertido en el proyecto, se espera un retorno de 0.72 dólares adicionales. Esto es un indicador fuerte de rentabilidad, ya que muestra un buen retorno sobre el capital empleado, lo cual es muy favorable para la finca.

El análisis financiero confirma que la implementación del sistema de riego subterráneo es una inversión rentable y sostenible. El VAN positivo, la TIR elevada y el ROI indican que la inversión no solo cubrirá sus costos, sino que también generará beneficios significativos a mediano y largo plazo, contribuyendo a la estabilidad y crecimiento de la Finca La Emilia. Además, la mejora en la eficiencia hídrica y la reducción de costos operativos garantizarán un impacto positivo en la productividad y la sostenibilidad de la producción de uvas.

Diagrama de Gantt

Acciones/meses	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes	Mes
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Estudio del terreno y análisis del suelo	■	■	■							
Diseño del sistema de riego:	■	■	■	■	■					
Instalación de tuberías subterráneas:	■	■	■	■						
Instalación de bomba de agua:					■					
Integración de sistemas de monitoreo y automatización:						■	■	■		
Capacitación del personal:	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Prueba del sistema y ajustes:							■	■	■	■
Inicio de operación:										■

Fuente: elaboración propia

Métodos de control

El control del proyecto de implementación del sistema de riego subterráneo se realizará mediante indicadores en cada fase del proceso. Cada responsable de área supervisará su ejecución y reportará los avances a la gerencia para asegurar que se cumplan los objetivos establecidos.

Fases del Control y Métodos de Seguimiento

La implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia requiere una planificación detallada que garantice su eficiencia y sostenibilidad. Para ello, es fundamental definir las actividades clave en cada fase del proyecto y establecer Indicadores Clave de Desempeño (KPI) que permitan evaluar el éxito de la implementación.

La implementación del sistema de riego subterráneo se divide en varias fases: evaluación del terreno, instalación del sistema, monitoreo y automatización, capacitación del personal y evaluación de impacto.

La primera fase consiste en la evaluación del terreno y el análisis del suelo para determinar la viabilidad del riego subterráneo. Se realizarán estudios para analizar la composición del suelo, el drenaje y la capacidad de retención de agua. El KPI para esta etapa será el porcentaje de superficie analizada con informe técnico aprobado, asegurando que el diseño del sistema sea adecuado a las condiciones del viñedo.

La segunda fase se centra en el diseño e instalación del sistema de riego. Esto incluye la planificación del trazado de tuberías, la ubicación de sensores de humedad y la

integración con el sistema de fertirrigación. Se supervisará que la instalación se realice conforme al diseño aprobado y dentro del plazo previsto. Los KPI en esta fase serán el porcentaje de avance de la instalación respecto al cronograma y la validación del funcionamiento del sistema a través de pruebas de presión y flujo de agua.

La tercera fase implica la automatización del riego y la calibración de los sensores. Se integrarán sistemas de monitoreo en tiempo real para ajustar automáticamente el riego según la humedad del suelo y las condiciones climáticas. Los KPI en esta fase serán la precisión en la respuesta de los sensores ante cambios en la humedad del suelo y el porcentaje de reducción en el consumo de agua comparado con métodos tradicionales.

En la cuarta fase, se llevará a cabo la capacitación del personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema. Se organizarán sesiones de formación sobre la gestión del riego subterráneo, el uso de sensores y la interpretación de datos. El KPI clave será el porcentaje de empleados capacitados con evaluación satisfactoria, asegurando que el equipo esté preparado para manejar el sistema de manera eficiente.

La quinta fase corresponde a la evaluación de impacto y ajustes finales. Se analizarán los beneficios obtenidos en términos de eficiencia hídrica, calidad de las uvas y rentabilidad económica. Se realizarán comparaciones con datos previos a la implementación para medir mejoras en la productividad. Los KPI de esta etapa serán el porcentaje de reducción de costos operativos relacionados con el consumo de agua y fertilizantes y el incremento en la calidad del producto final según parámetros enológicos.

Resumen de KPI por Fase del Proyecto

Para garantizar una implementación eficiente del sistema de riego subterráneo, es fundamental establecer Indicadores de Desempeño (KPI) que permitan medir el impacto en términos de productividad, eficiencia hídrica y rentabilidad. A continuación, se presentan KPI, con metas claras y medibles para cada etapa del proyecto.

1. Productividad

Meta: Mejorar la calidad y estabilidad de la producción.

- **Indicadores:**

- 100% del viñedo evaluado antes de la instalación.
- 90% del sistema instalado dentro del plazo.
- 15% de mejora en la calidad de las uvas.
- 100% del personal capacitado.

2. Eficiencia Hídrica

Meta: Optimizar el uso del agua y adaptarse mejor al clima.

- **Indicadores:**
 - 95% de sensores funcionando correctamente.
 - 30% de reducción en consumo de agua.
 - 100% de mantenimiento preventivo cumplido.

3. Rentabilidad

Meta: Aumentar los beneficios y reducir costos.

- **Indicadores:**
 - 20% de ahorro en insumos (agua y fertilizantes).
 - ROI positivo en los primeros 3 años.

Estos KPI detallados con métodos de medición permitirán evaluar de manera efectiva la implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia. Con una estrategia bien definida y un control constante de los indicadores, se garantizará que el sistema mejore la eficiencia hídrica, reduzca costos operativos y optimice la producción vitivinícola, asegurando la sostenibilidad y competitividad de la finca a largo plazo.

Discusión y Conclusión Final

La implementación de un sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia se presenta como una estrategia clave para garantizar la sostenibilidad y adaptación climática dentro de la producción vitivinícola artesanal. Más allá de ser una respuesta a los desafíos derivados de la escasez de agua y fenómenos climáticos extremos, esta tecnología permite un manejo más eficiente y responsable de los recursos hídricos, consolidando la competitividad y sustentabilidad de la finca.

Este estudio ha evaluado diversos aspectos del proyecto, incluyendo las dimensiones técnica, económica, ambiental y legal, permitiendo una comprensión integral de su viabilidad.

Desde el punto de vista técnico, el riego subterráneo garantiza un suministro preciso y eficiente de agua, minimizando pérdidas por evaporación y escorrentía. Además, la automatización y monitoreo permiten ajustar el riego de acuerdo con las necesidades del viñedo, optimizando la aplicación de fertilizantes a través de la fertirrigación. Esto no solo mejora la calidad y productividad de las uvas, sino que también reduce la dependencia de insumos químicos y su impacto ambiental.

En términos económicos, la inversión inicial representa un desafío, pero los beneficios a largo plazo superan ampliamente los costos. La optimización del uso del agua y fertilizantes mejora los márgenes operativos, brindando estabilidad en la producción incluso en condiciones climáticas adversas. Además, la posibilidad de acceder a financiamiento agropecuario y programas de sostenibilidad refuerza la viabilidad financiera del proyecto.

Desde una perspectiva ambiental, el sistema contribuye a la reducción de la huella hídrica, evita la contaminación de los suelos y favorece la conservación de los recursos naturales. En un contexto donde la regulación ambiental y las exigencias de los consumidores priorizan prácticas sostenibles, esta iniciativa alinea a la finca con los estándares modernos de producción responsable.

El cumplimiento legal y normativo es otro aspecto fundamental. La obtención de permisos para el uso de agua subterránea, la conservación del suelo y la gestión de agroquímicos garantizan la seguridad jurídica del proyecto. Cumplir con estos requisitos es esencial para evitar sanciones y asegurar la estabilidad operativa en el largo plazo.

Desde un punto de vista comercial, este sistema de riego no solo garantiza la calidad constante de la producción, sino que también abre nuevas oportunidades en mercados premium, donde la sustentabilidad y la excelencia son factores determinantes para la diferenciación y el posicionamiento de marca.

En términos generales, la implementación del riego subterráneo en Finca La Emilia es una solución innovadora y sostenible que permite mejorar la eficiencia productiva, garantizar la calidad de sus vinos y reforzar su competitividad en el sector vitivinícola. Sin embargo, para maximizar los beneficios del sistema, es necesario considerar ciertos criterios y acciones clave para su correcta implementación.

Acciones y Criterios para la Implementación

1. Planificación detallada del sistema de riego

- Realizar un análisis exhaustivo del suelo y la disponibilidad hídrica antes de la instalación.
 - Diseñar el sistema considerando la topografía y las necesidades hídricas del viñedo.
- 2. Optimización de recursos y costos**
- Evaluar la posibilidad de acceder a financiamiento agropecuario para reducir el impacto de la inversión inicial.
 - Priorizar la compra de materiales y equipos que garanticen eficiencia y durabilidad.
- 3. Capacitación del personal**
- Brindar formación específica en el manejo y mantenimiento del sistema.
 - Establecer protocolos de monitoreo y ajustes para optimizar el uso del agua y fertilizantes.
- 4. Monitoreo y ajustes en tiempo real**
- Implementar un sistema de sensores que permita una gestión precisa del riego.
 - Realizar auditorías periódicas para identificar oportunidades de mejora y corregir fallas.
- 5. Cumplimiento normativo y sostenibilidad ambiental**
- Asegurar que el proyecto cumpla con las regulaciones de uso del agua y conservación del suelo.
 - Aplicar estrategias de manejo sustentable para minimizar el impacto ambiental.
- 6. Estrategia de comercialización y diferenciación**
- Destacar los beneficios del sistema de riego en la estrategia de marketing de la finca.
 - Utilizar certificaciones de sostenibilidad para acceder a mercados de alto valor.

Conclusiones

La implementación del sistema de riego subterráneo en Finca La Emilia representa una inversión estratégica a largo plazo, no solo para garantizar la estabilidad productiva,

sino también para consolidar su posicionamiento en el mercado vitivinícola. Este modelo de gestión hídrica permite una producción más eficiente, rentable y respetuosa con el medio ambiente, alineándose con las exigencias del sector y asegurando el crecimiento sostenible de la finca.

Con una ejecución cuidadosa, monitoreo constante y una estrategia bien estructurada, Finca La Emilia puede convertirse en un referente en innovación y sustentabilidad, asegurando no solo su éxito productivo, sino también su contribución al desarrollo económico y ambiental de la región.

Recomendación

Mi recomendación del riego subterráneo ofrece a Finca La Emilia una solución innovadora y sostenible que asegura la estabilidad productiva, mejora la calidad de su vino artesanal y refuerza su competitividad en mercados nacionales e internacionales. Este enfoque posiciona a la finca como un modelo de sostenibilidad en el sector vitivinícola, contribuyendo al desarrollo económico, ambiental y social de la región. La implementación de este sistema no solo representa una inversión en la producción actual, sino también en el futuro de la finca, marcando un camino hacia la resiliencia y el crecimiento sostenible.

Bibliografía

- AgroTV. (2022). *Guardianes del legado: Riego subterráneo en una finca centenaria* (Video). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=VOct4LoT2mE>
- Cifuentes Meza, A. T. (2016). *Requerimiento de agua para el césped americano (Stenotaphrum secundatum) empleando riego por goteo subterráneo, durante el otoño en la UNALM*. Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe>
- Figuroa, J. P. (2009). *El riego por goteo subterráneo en el mundo*. Biblioteca Digital CIREN. <http://bibliotecadigital.ciren.cl>
- Génova, L., Andreau, R., & Etchevers, P. (2013). *Respuesta productiva del tomate (Solanum lycopersicum L.) bajo cubierta a la distribución de la humedad generada por riego por goteo subterráneo y superficial*. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de La Rioja. <http://dialnet.unirioja.es>
- González, M. R., Ávalos, J. E., & Rodríguez, J. G. M. (2006). *La producción de forraje y eficiencia en el aprovechamiento del agua para la alfalfa en riego por goteo*

- subterráneo*. Agrofaz: publicación científica, Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://dialnet.unirioja.es>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2022). *Estrategias de eficiencia hídrica en sistemas de riego subterráneo en Argentina*. INTA Villa Dolores. <https://inta.gob.ar>
- Lamm, F. R. (2005). *Ventajas y desventajas del riego por goteo subterráneo*. Monografías INIA Agrícola. <http://agris.fao.org>
- Ramírez Díaz, E. J., & Vergara Sierra, J. D. (2020). *Sistema de riego automatizado basado en IoT utilizando variables ambientales para cultivos de berenjena en la finca La Esperanza del municipio de Chinú-Córdoba*. Repositorio Unicórdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co>
- Reckmann, O., Ibarra, D., & Ivelic-Sáez, J. (2022). *Diseño de riego subterráneo*. Biblioteca INIA. <https://biblioteca.inia.cl>
- Riera, C. (2017). *La tecnología de riego y la disputa por el agua subterránea en Córdoba, Argentina*. Repositorio CONICET. <https://ri.conicet.gov.ar>
- Riera, C., & Barrionuevo, N. (2015). *La expansión del riego por aspersión en dos áreas agroecológicas de la provincia de Córdoba (1997-2011)*. Estudios Socioterritoriales. SciELO Argentina. <https://scielo.org.ar>
- Simón Mori, G. A. (2018). *Implementación, control y monitoreo de un sistema de riego por goteo subterráneo con microcontroladores*. Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe>
- Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Facultad de Ciencias Agropecuarias. (2021). *Informe técnico sobre riego subterráneo y su impacto en la producción agrícola en Córdoba*. UNC. <https://www.unc.edu.ar>
- Varona, R. M. (2015). *Respuesta económica del cultivo de banano al riego por goteo subterráneo*. Ingeniería Agrícola, Revistas UNAH. <http://revistas.unah.edu.cu>

Anexos

Anexo 1: Imagen de riego por goteo



Fuente: Extraído de <https://academiaderiego.kilimo.com/informe-aspectos-claves-para-el-funcionamiento-del-riego-por-goteo-subterraneo> (2024).

Anexo 2: Ventajas de Riego por Goteo Subterráneo

Variables	Riegos por aspersión	Riego por goteo
Eficiencia	90%	95%
Costo inicial de la inversión	Media	Alta
Vida útil	Menor	Mayor
Consumo de energía	Alto	Medio
Mano de obra	No especializada	Especializada
Mantenimiento	Medio	Alto
Cobertura	Parcial (70% del lote)	Total
Superficie irregular	No se adapta	Se adapta
Aplicación de la lámina de riego	Follaje	En superficie y raíces
Uniformidad de aplicación	Media	Alta
Fertirriego	No	Si
Malezas y enfermedades	Mayor presencia	Menor presencia

Fuente: Extraído de <https://academiaderiego.kilimo.com/informe-beneficios-riego-por-goteo-subterraneo/> (2024)