

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Administración de Agronegocios
Ingeniería de Administración de Agronegocios



Proyecto Especial de Graduación
**Análisis de prefactibilidad del sistema de riego por secado y
humedecimiento alternado en el cultivo de arroz.**

Estudiante

Sebastián Arturo Asán Sotomayor

Asesores

Arie Sanders

Rommel Reconco

Honduras, agosto 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREW

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

RAUL SOTO

Director del Departamento Administración de Agronegocios

JULIO NAVARRO

Secretaría General

Contenido

Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Metodología	13
Alcance y Delimitación	13
Resultados y Discusión	19
Revisión de Literatura	19
Beneficio Neto	22
Tasa de Retorno Marginal	23
Resultados Financieros y Sostenibilidad del Sistema Productivo	24
Conclusiones	31
Recomendaciones	33
Referencias	34
Anexos	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Beneficios Netos de los rendimientos.....	23
Cuadro 2 Tasa de Retorno Marginal	24

Índice de Figuras

Figura 1 Consumo de agua comparativo entre sistema de riego por inundación y sistema de riego AWD con disminución en el consumo de agua	21
Figura 2 Distribución de probabilidad VAN.....	26
Figura 3 Distribucion de probabilidad TIR.....	27
Figura 4 Ranking de variables estocásticas VAN	28
Figura 5 Ranking de variables estocásticas TIR	30

Índice de Anexos

Anexo A Entrevista a administradora de finca..... 36

Resumen

El presente estudio evalúa la prefactibilidad técnico-financiera de implementar el sistema de riego por secado y humedecimiento alternado (AWD) en una finca arrocera de 40 hectáreas ubicada en Naranjal, Ecuador. A través de un análisis comparativo con el sistema tradicional de riego por inundación, se examinaron variables como el consumo de agua, costos operativos, rendimiento del cultivo y rentabilidad económica. Se emplearon herramientas como presupuestos parciales, análisis de escenarios y simulaciones en @Risk para evaluar el riesgo e incertidumbre del proyecto. Los resultados muestran que el sistema AWD reduce significativamente los costos por consumo de agua y diésel, manteniendo rendimientos aceptables en escenarios conservadores. El proyecto demostró viabilidad económica bajo condiciones de escasez hídrica y presión por el uso eficiente de recursos.

Palabras clave: arroz, riego AWD, costos, simulación, rentabilidad

Abstract

This study evaluates the technical and financial prefeasibility of implementing the Alternate Wetting and Drying (AWD) irrigation system on a 40-hectare rice farm located in Naranjal, Ecuador. Through a comparative analysis with the traditional continuous flooding method, variables such as water consumption, operating costs, crop yield, and economic profitability were examined. Tools such as partial budgeting, scenario analysis, and @Risk simulations were used to assess the project's risk and uncertainty. The results show that the AWD system significantly reduces water and diesel costs while maintaining acceptable yields under conservative scenarios. The project demonstrates economic viability under conditions of water scarcity and increasing pressure for efficient resource use.

Keywords: rice, AWD irrigation, costs, simulation, profitability.

Introducción

El arroz (*Oryza sativa*) es uno de los cultivos alimentarios más importantes a nivel mundial, especialmente en regiones de Asia y América Latina, donde representa la base de la dieta de millones de personas (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2019). Su producción depende en gran medida de sistemas de riego, siendo el riego por inundación continua el método más utilizado, con una participación estimada del 76 % de la superficie global cultivada con arroz (B.A.M. Bouman et al., 2007). Este sistema mantiene el suelo anegado durante gran parte del ciclo del cultivo y, aunque garantiza condiciones adecuadas para el desarrollo de la planta, implica un consumo elevado de agua. La huella hídrica del arroz suele situarse entre 1 000 y 4 000 L/kg, dependiendo del método de producción, la eficiencia del riego, el clima y el tipo de suelo (Chukalla et al., 2015). Esta elevada huella hídrica asociada al cultivo de arroz puede generar conflictos sociales con otros usuarios de la zona, especialmente en épocas de escasez, al reducir la disponibilidad de agua para otros usos productivos y el consumo humano.

El riego por inundación, técnica tradicionalmente empleada en el cultivo de arroz, requiere mantener los campos cubiertos por una lámina de agua durante la mayor parte del ciclo. Cuando el agua no se distribuye por gravedad —a través de canales o inundaciones naturales controladas— los agricultores dependen del uso de motobombas, alimentadas por diésel o electricidad, para extraer agua de pozos, ríos o embalses. Si bien este sistema garantiza el suministro hídrico necesario para el cultivo, implica costos económicos y energéticos significativos. Estudios de caso señalan que el riego puede representar el componente individual más alto del costo total de producción de arroz (International Rice Research Institute [IRRI], 2018).

En este estudio se analiza el caso de la finca “Sotomayor”, ubicada en Naranjal, Ecuador, con una superficie de 40 hectáreas dedicadas al cultivo de arroz. Durante décadas, al igual que otras fincas en la cuenca de Naranjal, la irrigación de las parcelas de arroz se ha realizado mediante el uso de bombas diésel, con el objetivo de mantener los campos cubiertos por una lámina de agua durante la

mayor parte del ciclo de cultivo. Sin embargo, en los últimos años se ha observado una reducción significativa en la disponibilidad de agua en la cuenca, atribuible tanto a causas humanas —como el aumento de la demanda de agua para producción agrícola y consumo humano— como a los efectos del cambio climático, entre ellos la disminución de las precipitaciones. Esta situación ha provocado crecientes conflictos entre los usuarios del agua en la región.

Adicionalmente, el incremento en los costos de los combustibles ha afectado la rentabilidad de la producción arroceras. Ante este contexto, se hace evidente la necesidad de buscar alternativas de riego más sostenibles, que permitan garantizar la continuidad del cultivo sin comprometer la rentabilidad económica ni el equilibrio ambiental.

Una de las alternativas que ha ganado notoriedad por su eficiencia en el uso del agua fue el sistema de riego por secado y humedecimiento alternado, conocido por sus siglas en inglés como AWD (Alternate Wetting and Drying). Esta técnica consistió en dejar que el suelo se secase parcialmente entre riegos, monitoreando el nivel del agua mediante tubos perforados insertados en el terreno (IRRI, 2013). A diferencia del riego por inundación continua, el AWD permitió reducir el consumo de agua entre un 15 % y un 30 %, sin afectar significativamente los rendimientos del cultivo (Belder et al., 2004). Además, al interrumpir los ciclos anaeróbicos prolongados del suelo, se redujo la emisión de metano, contribuyendo así a una agricultura más sostenible desde el punto de vista ambiental.

El método AWD también representó una oportunidad para disminuir los costos de producción, especialmente en lo relacionado al consumo de diésel y al mantenimiento de equipos de bombeo. Estudios realizados en diversas regiones arroceras mostraron que este sistema pudo integrarse a las prácticas productivas existentes con poca inversión inicial y sin comprometer la estabilidad del cultivo (Lampayan et al., 2015). De hecho, experiencias en Filipinas y otros países asiáticos demostraron que, cuando se aplicó adecuadamente, el AWD permitió mejorar la eficiencia en el uso de recursos sin afectar los márgenes de ganancia (Rejesus et al., 2011).

En este contexto, la implementación del AWD en la finca de estudio representó una alternativa posiblemente viable no solo para enfrentar los desafíos de escasez de agua y costos elevados, sino también para contribuir a la sostenibilidad ambiental del sistema de producción. Al mismo tiempo, se reconoció que las condiciones agronómicas y económicas variaban entre regiones, por lo que fue necesario realizar evaluaciones locales que determinaran la efectividad del sistema en contextos específicos.

Por estas razones, se evaluó el sistema AWD con el propósito de generar información útil que apoyara la toma de decisiones dentro de la finca y, al mismo tiempo, aportara a la transición hacia sistemas agrícolas más sostenibles. La implementación de este sistema alternativo pudo tener un impacto significativo en la reducción del uso de agua y del consumo de combustible. Al mismo tiempo, su adopción permitió mantener o incluso mejorar los niveles de rentabilidad, mediante el ahorro en costos operativos y la optimización de insumos. Evaluar el rendimiento económico y técnico del sistema AWD en condiciones locales permitió al productor tomar decisiones informadas y replicar estas prácticas en otras áreas productivas de similares características.

Esta investigación se orientó por preguntas clave como: ¿Cuánto pudo reducirse el consumo de agua al implementar el sistema AWD? ¿Cómo impactó el cambio en el sistema de riego en los costos y la rentabilidad del cultivo de arroz? ¿Qué efectos tuvo esta práctica sobre el rendimiento y los márgenes de ganancia en la finca? Estas interrogantes guiaron el análisis comparativo entre el sistema tradicional de riego por inundación y el método AWD, y permitieron identificar el valor agregado que este último pudo ofrecer en un entorno donde el agua es un recurso cada vez más limitado.

El objetivo principal de este estudio fue evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar el sistema de riego por secado y humedecimiento alternado (AWD) en el cultivo de arroz, como alternativa al riego por inundación, en una finca ubicada en Naranjal.

A partir de este objetivo general, se plantearon tres objetivos específicos que orientaron el análisis. Primero, cuantificar el ahorro hídrico potencial del sistema AWD en comparación con el riego por inundación, considerando las condiciones reales de manejo de la finca. Segundo, comparar los costos operativos asociados al uso de ambos sistemas de riego, especialmente los relacionados con el consumo de combustible, la mano de obra y el mantenimiento de equipos. Tercero, analizar el impacto del sistema AWD en el rendimiento del cultivo y en la rentabilidad económica de la finca, mediante la evaluación de los ingresos brutos y el costo por tonelada métrica producida. Y cuarto, evaluar las implicaciones del sistema AWD en la sostenibilidad del sistema productivo, explorando cómo su adopción podría contribuir a una gestión más eficiente del recurso hídrico y a prácticas agrícolas más responsables a largo plazo.

Metodología

Alcance y Delimitación

Este estudio se centró en evaluar la posible implementación del sistema AWD en una finca de 40 hectáreas dedicada al cultivo de arroz, ubicada en la región Costa del Ecuador. La investigación se basó en un análisis simulado, apoyado en literatura científica y datos referenciales, ya que el sistema AWD no ha sido implementado aún en la finca. Se tomó como referencia un ciclo agrícola completo de arroz para comparar el sistema AWD con el riego por inundación tradicional en términos de consumo de agua, costos operativos, rendimiento del cultivo y rentabilidad económica. Se consideraron variables como el consumo de combustible, la mano de obra, el mantenimiento de equipos y los ingresos brutos obtenidos. No se realizó una medición directa de caudales ni del ahorro real de agua en campo. Los resultados obtenidos son aplicables a fincas con características similares en cuanto a tamaño, condiciones climáticas y prácticas agrícolas, y pueden servir como referencia para productores que enfrentan desafíos relacionados con la escasez de agua y la sostenibilidad económica y ambiental de sus sistemas de riego.

Para la evaluación de la viabilidad económica del sistema AWD en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), se empleó un análisis técnico y económico estructurado a partir de presupuestos parciales, análisis de escenarios y simulaciones estocásticas. Esta metodología permitió cuantificar el ahorro hídrico, comparar costos variables y analizar la rentabilidad bajo condiciones de incertidumbre, simulando diferentes niveles de disminución del rendimiento asociados a la implementación del sistema AWD. El análisis se centró en el ciclo agrícola comprendido entre los meses de junio y septiembre de 2024, periodo que corresponde a la época seca en la región Costa del Ecuador, cuando existe menor disponibilidad de agua y mayor conflicto entre productores por el uso del recurso hídrico.

Para el desarrollo del estudio se establecieron diversos supuestos técnicos y financieros. Los porcentajes de reducción del rendimiento (15%, 20% y 30%) bajo el sistema AWD fueron estimados a

partir de estudios previos realizados en contextos agroecológicos similares, los cuales reportan disminuciones productivas temporales cuando el sistema es implementado por primera vez o no se maneja adecuadamente el nivel freático (Belder et al., 2004). De igual manera, los ahorros en consumo de agua fueron considerados en un rango técnico de 15% a 30%, basado en literatura del (IRRI, 2021) y meta-análisis recientes (Carrijo et al., 2017). Estos valores se utilizaron como supuestos técnicos de simulación, dado que no se cuenta con datos experimentales locales.

Desde el punto de vista financiero, se asumió un comportamiento promedio de los precios tanto del arroz como del diésel, sin considerar fluctuaciones extremas como crisis económicas o devaluaciones. Además, el análisis se limitó exclusivamente a los costos variables operativos de un solo ciclo agrícola, con el fin de evaluar la viabilidad inmediata de la implementación del sistema AWD en la finca.

Con el fin de cuantificar el ahorro hídrico potencial del sistema AWD en comparación con el riego por inundación, considerando las condiciones reales de manejo de la finca, se estimó el volumen de agua aplicado bajo el sistema tradicional. Para ello, se utilizó el registro del tiempo de operación de las bombas, su caudal nominal (L/s) y la superficie cubierta (ha). Estos datos fueron convertidos a unidades estándar de metros cúbicos por hectárea (m^3/ha) para obtener el volumen total utilizado durante el ciclo productivo.

Dado que el sistema AWD aún no ha sido implementado en la finca, el ahorro de agua fue estimado a partir de literatura técnica. Estudios realizados por el IRRI y otros autores reportan que el sistema AWD permite una reducción del uso de agua de entre el 15% y el 30% en comparación con el riego continuo por inundación (B.A.M. Bouman et al., 2007; Carrijo et al., 2017; Lampayan et al., 2015). Con base en esos rangos se estableció una estimación promedio de ahorro hídrico, aunque este valor no se utilizó como variable principal de análisis económico, sino como respaldo técnico del funcionamiento del sistema.

El cálculo del volumen de agua bajo AWD se realizó aplicando un porcentaje conservador de reducción (20%) al volumen base tradicional como referencia técnica, sin utilizarlo como eje de simulación económica.

Con el objetivo de comparar los costos operativos asociados al uso de ambos sistemas de riego, especialmente los relacionados con el consumo de combustible, la mano de obra y el mantenimiento de equipos, se utilizó la técnica de presupuesto parcial. Esta herramienta permite comparar sistemas productivos cuando se modifican solamente ciertos componentes del proceso (Harper et al., 2019). El análisis se aplicó comparando dos tratamientos: el riego por inundación tradicional y el sistema AWD. Se identificaron los costos variables asociados a cada uno, que incluyeron:

Consumo de diésel por bombeo de agua.

Mano de obra relacionada con la operación del sistema de riego.

Mantenimiento de las bombas.

Materiales e insumos del sistema AWD (tubos de observación, monitoreo del nivel freático).

La información fue recolectada mediante entrevistas con el administrador de la finca, revisión de registros contables y consulta de literatura técnica. Para tal fin, se aplicó el instrumento descrito en el Anexo 1 ("Formato de entrevista para recolección de datos de actividades, costos e insumos"), cuyo objetivo fue recolectar información técnica y económica sobre el cultivo de arroz en la finca Sotomayor, enfocándose en el sistema de riego, las actividades operativas, el uso de insumos, los costos y la comercialización. La información obtenida permitió sustentar los análisis de eficiencia productiva y rentabilidad ante la posible implementación del sistema de riego por secado y humedecimiento alternado (AWD). Se asumió una reducción del 20% en el consumo semanal de combustible y frecuencia de riego bajo el sistema AWD (Tabbal et al., 2002). Los costos fijos como la depreciación de maquinaria no se incluyeron en el análisis, ya que no se ven afectados directamente

por el cambio de sistema. El horizonte de evaluación fue de un ciclo agrícola (16 semanas) en una finca de 40 hectáreas.

Para analizar el impacto del sistema AWD en el rendimiento del cultivo y en la rentabilidad económica de la finca, se estimó el beneficio bruto multiplicando el rendimiento estimado del cultivo (qq/ha) por el precio promedio del quintal de arroz. Para el sistema AWD se modelaron tres escenarios con posibles reducciones en el rendimiento en comparación con el sistema tradicional, basados en estudios que muestran impactos negativos iniciales por mal manejo del nivel freático o condiciones agroclimáticas:

Escenario 1: 15% de reducción en el rendimiento

Escenario 2: 20% de reducción en el rendimiento

Escenario 3: 30% de reducción en el rendimiento

Estos escenarios reflejan distintos niveles de riesgo para evaluar si el sistema AWD puede seguir siendo económicamente viable incluso bajo penalizaciones en la producción.

Un aspecto clave en el análisis de una propuesta parcial es el cambio en los costos variables. Dado que el sistema AWD registra un menor uso de agua, varios costos relacionados directamente con este aspecto se ven modificados. Los costos variables considerados fueron:

Diésel utilizado para riego (litros/ha).

Mantenimiento técnico de las bombas.

Materiales y monitoreo requeridos por el sistema AWD.

Se excluyeron del análisis los costos constantes entre tratamientos. Los datos fueron obtenidos directamente en la finca y complementados con fuentes técnicas para validar supuestos en el caso del sistema AWD.

Con la introducción del sistema AWD se espera generar un impacto inmediato en los costos relacionados. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los ingresos podrían verse afectados por una posible reducción en el rendimiento.

En este estudio, el beneficio neto se calculó para cada uno de los tres escenarios de reducción del rendimiento bajo el sistema AWD, considerando los ingresos obtenidos por unidad de área y los costos variables asociados.

Se utilizó la fórmula de la tasa de retorno marginal (TRM) para evaluar la rentabilidad adicional generada por la adopción del sistema AWD en comparación con el sistema tradicional. Este indicador permite analizar cuánto beneficio neto adicional se obtiene por cada unidad monetaria adicional invertida en los costos variables al pasar de un tratamiento a otro. La fórmula de la TRM es:

$$TRM = \frac{\Delta \text{Beneficio Neto}}{\Delta \text{Costo Variable}} * 100 \quad [1]$$

donde Δ Beneficio Neto representa la diferencia de beneficios netos entre los tratamientos y Δ Costo Variable la diferencia de costos variables entre ellos.

Este cálculo generó un criterio cuantitativo para determinar si la adopción del AWD resulta económicamente atractiva bajo los diferentes escenarios de reducción de rendimiento analizados.

Como último, se realizaron simulaciones de Monte Carlo con 100,000 iteraciones por escenario empleando el software @RISK, con el fin de capturar la variabilidad e incertidumbre inherentes a los factores que influyen en la rentabilidad del sistema AWD. En estas simulaciones se modelaron tres variables clave: el precio del arroz, utilizando una distribución triangular para reflejar valores mínimo, más probable y máximo; el rendimiento, representado con una distribución normal ajustada a cada escenario de reducción.

A partir de los resultados de las simulaciones se obtuvieron indicadores críticos para la evaluación económica: el promedio del beneficio neto en cada escenario, la probabilidad de incurrir en pérdidas, las curvas acumulativas de distribución que ilustran el comportamiento de los resultados bajo diferentes niveles de riesgo y, finalmente, la comparación entre alternativas aplicando criterios de dominancia estocástica.

Este enfoque probabilístico permitió no solo estimar los posibles resultados financieros del sistema AWD frente al sistema tradicional, sino también entender el rango de variabilidad y los niveles

de riesgo asociados, proporcionando una base más sólida para la toma de decisiones sobre su implementación.

Resultados y Discusión

Revisión de Literatura

El sistema de riego por alternancia de secado e inundación (AWD) ha sido objeto de múltiples estudios por su potencial para mejorar la eficiencia en el uso del agua en el cultivo de arroz, sin comprometer el rendimiento. En términos tecnológicos, el desarrollo de sensores de monitoreo del nivel freático ha permitido una implementación más precisa y eficiente de este sistema. (Kumar et al., 2024) diseñaron un sistema automatizado basado en sensores conectados a paneles solares que logró reducir el consumo de agua en un 36 % respecto al riego continuo, con una disminución significativa en el gasto energético por bombeo. De igual forma, (Hasan et al., 2024) emplearon redes neuronales convolucionales (CNN) para estimar niveles de agua en arrozales, logrando un coeficiente de determinación R^2 de 0.9885, lo que valida su aplicación para el manejo inteligente del riego. Además, (Malleth, 2025) reportó que mediante sensores IoT y sistemas de recomendación automatizada, se logró reducir en un 40 % el consumo de agua y en un 60 % las emisiones de metano, mientras aumentaba el rendimiento en un 5 %.

En el contexto de esta tesis, donde se evalúa el impacto del sistema AWD sobre los costos de producción en una finca arrocera ecuatoriana, el avance tecnológico juega un rol determinante para viabilizar y optimizar esta práctica. El uso de sensores electrónicos y dispositivos de monitoreo no solo permite un control más preciso del nivel freático, sino que también reduce la necesidad de bombeo constante, disminuyendo el consumo de energía y, por ende, los costos asociados al riego. Estas tecnologías, aunque avanzadas, también inspiran versiones simplificadas y de bajo costo que pueden adaptarse a fincas medianas como la que se analiza en este estudio. De este modo, el componente tecnológico del AWD refuerza la viabilidad técnica y económica de su implementación local, proporcionando evidencia relevante para justificar el estudio propuesto.

Desde el punto de vista agronómico, el AWD ha demostrado ser eficaz en la conservación del recurso hídrico sin afectar negativamente la productividad del arroz. Estudios recientes han validado

que el sistema, cuando se aplica en su modalidad “segura” —es decir, permitiendo que el nivel del agua descienda hasta 15 cm antes de volver a inundar—, puede reducir el uso de agua entre un 23 % y 30 % sin comprometer el rendimiento (Yang et al., 2019). No obstante, en condiciones de secado más prolongado, algunos estudios han reportado caídas en el rendimiento si no se incorporan prácticas complementarias. (Vicente et al., 2025) evaluaron el uso de biochar envejecido en suelos manejados con AWD severo, encontrando que esta enmienda no solo restauró la productividad del cultivo, sino que también mejoró la retención de agua en el suelo y aumentó la eficiencia del uso hídrico. Estos resultados evidencian que el manejo agronómico debe considerar tanto la estrategia de riego como las condiciones del suelo y el uso de enmiendas, especialmente en regiones donde la fertilidad y la materia orgánica son limitantes.

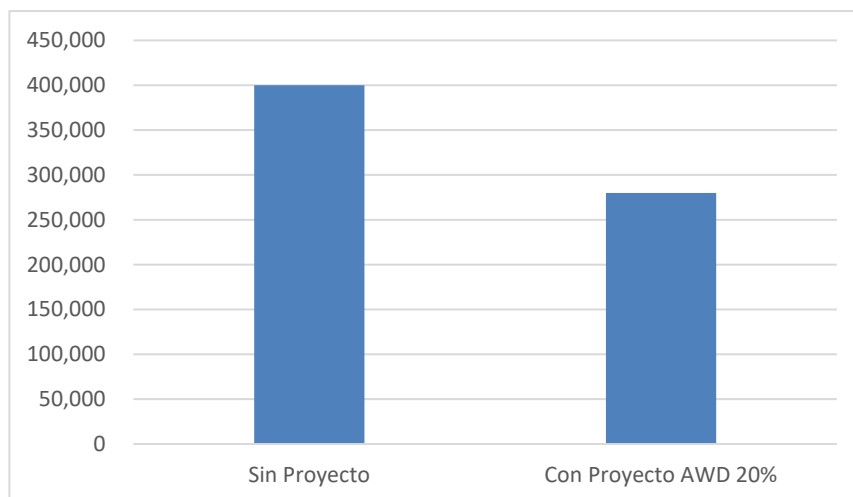
Justificación del volumen base y comparación entre sistemas

Para el desarrollo de esta tesis se tomó como referencia una reducción promedio del 20% en el consumo de agua como valor base, en concordancia con lo reportado por el Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI), el cual indica que el sistema AWD puede reducir el volumen de riego entre un 15 % y 30 % sin afectar el rendimiento cuando se aplica adecuadamente (IRRI, 2013). Este valor intermedio se considera conservador y realista para condiciones medianas de manejo como las de la finca estudiada.

A continuación, se presenta una comparación gráfica del consumo de agua estimado para un ciclo de arroz bajo dos sistemas de riego, considerando un valor típico de 15.000 m³/ha para riego por inundación tradicional, y un 20% menos para AWD

Figura 1

Consumo de agua comparativo entre sistema de riego por inundación y sistema de riego AWD con disminución en el consumo de agua



Este ahorro volumétrico se traduce directamente en menores costos operativos, ya que disminuye el tiempo de operación de bombas y, por tanto, el consumo de diésel. Además, mejora la eficiencia hídrica, es decir, la cantidad de arroz producida por metro cúbico de agua utilizada, un indicador crítico en contextos donde el recurso hídrico es limitado o conflictivo.

En cuanto a los aspectos económico-financieros, la evidencia empírica respalda que el AWD puede mejorar la rentabilidad del cultivo de arroz. (Kumar et al., 2024) reportaron una reducción en los costos operativos del riego gracias al menor uso de energía y agua, mientras que (Malleh, 2025) observó incrementos en el rendimiento neto por hectárea debido al ahorro de insumos y al aumento leve pero consistente de la productividad. En este sentido, la implementación del sistema AWD representa una mejora en la eficiencia productiva, al generar más arroz por unidad de agua utilizada y al reducir los costos asociados al riego tradicional. Esto tiene implicaciones importantes para productores de mediana escala como los que se encuentran en zonas arroceras de Ecuador, donde el acceso al agua puede ser restringido en épocas secas y el costo del bombeo representa una proporción significativa del gasto total del cultivo.

En síntesis, el sistema AWD aparece como una alternativa tecnológica, agronómica y económicamente viable para mejorar la sostenibilidad de la producción de arroz. La incorporación de herramientas de monitoreo, como sensores o sistemas automatizados, permite una aplicación más eficiente del riego, reduce la dependencia del recurso hídrico y contribuye a disminuir costos energéticos. Agronómicamente, se ha demostrado que el AWD, sobre todo cuando se complementa con enmiendas como biochar, mantiene o incluso mejora el rendimiento, a la vez que reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Finalmente, desde una perspectiva financiera, el sistema permite reducir costos operativos y aumentar la productividad hídrica, factores claves en la competitividad de los productores. Estas evidencias justifican plenamente el desarrollo de esta tesis, centrada en evaluar los efectos del AWD sobre los costos de producción en una finca arrocería bajo condiciones ecuatorianas, en el marco de la creciente presión por un uso más eficiente y racional del agua en la agricultura.

Beneficio Neto

Para obtener el beneficio neto de cada tratamiento, se partió del cálculo del beneficio bruto, determinado como el producto entre el rendimiento ajustado por hectárea (en sacos) y el precio de venta por saco (USD 35), multiplicado por la superficie total del cultivo (40 hectáreas). A este valor se le restaron los costos variables asociados al sistema de riego, que fueron los únicos que variaron entre tratamientos.

En base a los resultados obtenidos, se identificó que el sistema tradicional de riego por inundación generó el mayor beneficio neto, con un valor de USD 80.480, gracias a su mayor rendimiento (60 sacos por hectárea), aunque presentó el costo de riego más elevado (USD 3.520).

En contraste, el sistema de riego AWD en el escenario de menor pérdida de rendimiento (15%) alcanzó un beneficio neto de USD 68.786, con una reducción del 30% en el costo de riego (USD 2.614). Le siguieron los escenarios con pérdidas del 20% (USD 64.586) y del 30% (USD 56.186) en el

rendimiento, los cuales mostraron beneficios netos considerablemente inferiores, a pesar del ahorro en costos.

Estos resultados reflejan que, aunque el sistema AWD reduce los costos operativos, esta ventaja no logra compensar la disminución en los ingresos brutos bajo los escenarios simulados, lo cual reduce la rentabilidad general del cultivo de arroz.

Cuadro 1

Beneficios Netos de los rendimientos.

Escenario	Beneficio Bruto (USD)	Costos Totales que Varían (USD)	Beneficio Neto (USD)
AWD 30%	58,800	2,614	56,186
AWD 20%	67,200	2,614	64,586
AWD 15%	71,400	2,614	68,786
INUNDACION	84,000	3,520	80,480

Tasa de Retorno Marginal

Con el objetivo de evaluar si la adopción del sistema AWD representa una alternativa económicamente viable frente al sistema tradicional de riego por inundación, se realizó un análisis de presupuesto parcial considerando distintos escenarios de pérdida de rendimiento (15%, 20% y 30%), y calculando la Tasa de Retorno Marginal (TRM) en cada caso.

La TRM se utiliza para determinar si una alternativa con mayores costos genera beneficios netos adicionales que justifican dicha inversión. Sin embargo, en este estudio, el sistema AWD mostró una reducción del costo de riego de aproximadamente 30%, pasando de USD 3.520 a USD 2.614 por ciclo, pero también una disminución del ingreso neto, producto de la pérdida en el rendimiento.

Cuadro 2*Tasa de Retorno Marginal*

Concepto	AWD (30%)	AWD (20%)	AWD (15%)	Sistema Inundación
Producción	42	48	51	60
Precio por sacco	35	35	35	35
Ingreso bruto	58,800	67,200	71,400	84,000
Costo riego	26,14	2,614	2,614	3.520
Beneficio neto	56,186	64,586	68,786	80,480
Δ Beneficio neto vs Inundación	-	8,400	4200	11,694
Δ Costo riego vs Inundación	-	-	-	906

Resultados Financieros y Sostenibilidad del Sistema Productivo

Se evaluó la rentabilidad económica de la implementación del sistema de riego por alternancia de secado e inundación (AWD) en el cultivo de arroz en la finca “Arroz Feliz”, considerando tres escenarios de reducción del rendimiento (15 %, 20 % y 30 %) respecto al sistema tradicional.

Los resultados indican que, a pesar de la reducción en los rendimientos, el sistema AWD mantiene una rentabilidad positiva en todos los escenarios. Bajo el sistema tradicional (sin proyecto), el Valor Actual Neto (VAN) fue de USD 595,888.23, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 23.10 % y un Periodo de Retorno de la Inversión (PRI) de un año. En el escenario con implementación de AWD y una reducción del 15 % en el rendimiento, se obtuvo un VAN de USD 510,257.02 y una TIR de 27.73 %, también con un PRI de un año. A medida que se incrementa la reducción del rendimiento, los resultados muestran un VAN de USD 479,094.15 (20 %) y USD 416,768.41 (30 %), con TIR de 26.04 % y 22.66 % respectivamente, manteniéndose el PRI en un año para todos los escenarios.

Estos resultados demuestran que, desde una perspectiva económica, la implementación del sistema AWD es viable y competitiva frente al sistema tradicional. La rentabilidad obtenida se explica principalmente por la reducción en los costos operativos, particularmente en el consumo de agua y diésel, que compensa parcialmente la pérdida de rendimiento.

No obstante, es importante señalar que el análisis financiero realizado no incorpora el valor económico del agua ni considera la huella hídrica dentro de sus supuestos. Esto implica que, por definición, cualquier tecnología que reduzca el consumo de agua termina siendo “castigada” económicamente, ya que el ahorro de agua no se refleja como un beneficio dentro del flujo de caja. En consecuencia, el productor no tiene un incentivo económico directo para implementar prácticas sostenibles, aun cuando estas generen un impacto positivo en la conservación del recurso hídrico.

Esta situación es común en sistemas productivos donde el agua no tiene un precio explícito o su acceso no está regulado. En la práctica, los productores suelen tomar decisiones de inversión basadas en incentivos o penalizaciones tangibles. Por lo tanto, si se busca promover una adopción más amplia del sistema AWD, resulta necesario considerar instrumentos económicos y regulatorios que orienten al productor hacia una gestión más eficiente del recurso. Entre ellos, se podrían considerar: (i) precios preferenciales para el arroz producido con tecnologías sostenibles, (ii) compensaciones por pérdidas de rendimiento asociadas a la adopción de prácticas conservacionistas, (iii) tarifas por consumo de agua y (iv) límites máximos de uso por unidad de superficie.

Bajo este enfoque, la implementación del sistema AWD no solo debe valorarse por su rentabilidad financiera inmediata, sino también por su contribución a la sostenibilidad del sistema productivo a mediano y largo plazo. La incorporación de mecanismos de incentivo o regulación podría corregir las distorsiones actuales, reconociendo el valor del agua como recurso escaso y estratégico, y alineando los intereses del productor con los objetivos de sostenibilidad agroambiental.

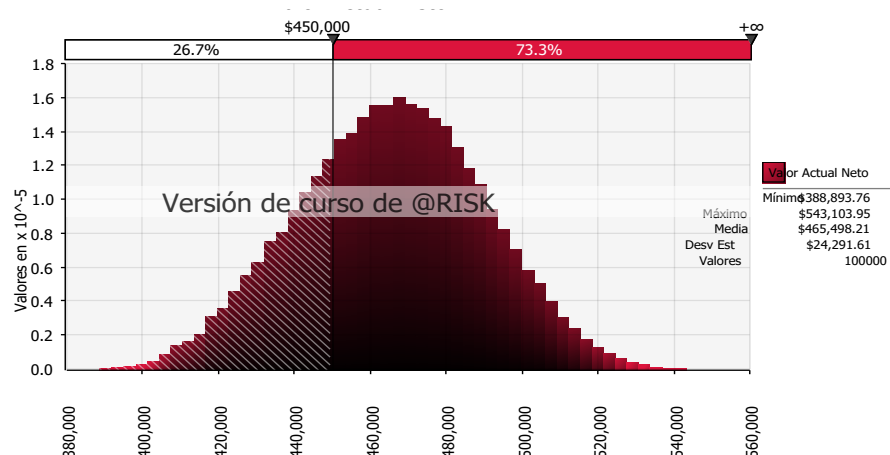
Para el análisis de riesgo del proyecto se evaluó el comportamiento del Valor Actual Neto (VAN) bajo condiciones de incertidumbre, utilizando el software @RISK como complemento del modelo determinístico previamente desarrollado en Excel. Este enfoque permitió incorporar la variabilidad de variables clave como el precio del arroz, el rendimiento por hectárea, la inflación y el porcentaje de rechazo, asignándoles distribuciones de probabilidad con base en literatura y supuestos técnicos realistas.

La Figura 2 muestra la distribución de probabilidad del VAN para el escenario con implementación del sistema AWD. Los resultados indican que existe un 26.7 % de probabilidad de que el VAN sea inferior a USD 450,000, mientras que en el 73.3 % de las simulaciones, el proyecto supera ese umbral, lo cual sugiere una alta probabilidad de generar beneficios económicos. La media del VAN estimada fue de USD 465,498.21, y el valor mínimo simulado fue de USD 388,893.76, lo que indica un riesgo financiero controlado y acotado dentro de rangos aceptables.

Esta alta probabilidad de rentabilidad es consistente con estudios previos que han empleado análisis de riesgo con @RISK para evaluar tecnologías agrícolas sostenibles. En dichos estudios, se ha demostrado que la implementación de sistemas eficientes, como el riego AWD, puede representar una inversión segura, particularmente en contextos donde el agua y la energía son factores limitantes (Lampayan et al., 2015).

Figura 2

Distribución de probabilidad VAN



La Figura 3 presenta el análisis de riesgo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) para el escenario de implementación del sistema AWD, basado en una simulación de Monte Carlo con 100,000 iteraciones.

Los resultados muestran que la media de la TIR es de 1,805.81 %, con un rango entre 1,509.65 % y 2,115.75 %, y una desviación estándar de 94.21 %, lo cual refleja una variabilidad aceptable y controlada en las tasas de retorno esperadas. El 90 % de las simulaciones se concentra

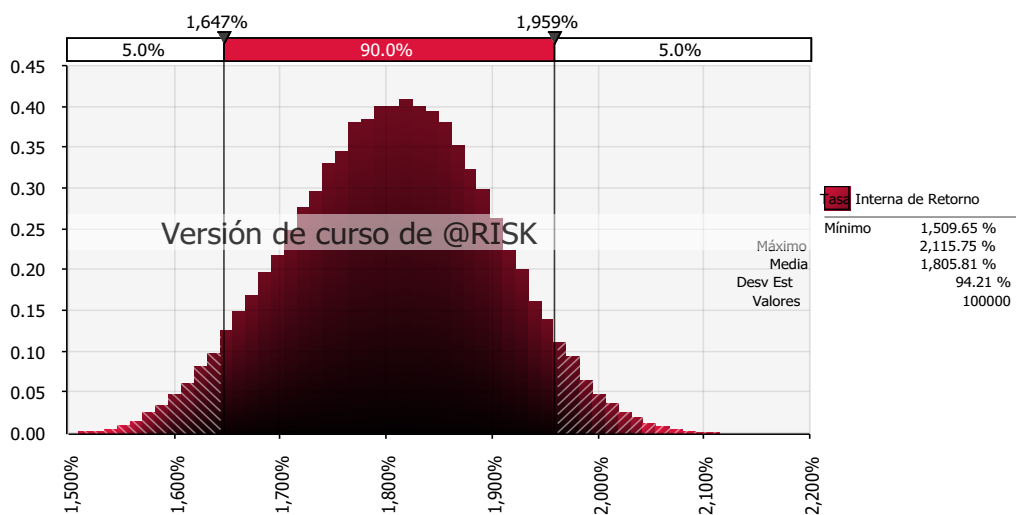
entre 1,647 % y 1,959 %, lo cual representa un intervalo de confianza alto, confirmando la estabilidad del indicador en la mayoría de los escenarios simulados.

La concentración de los resultados dentro de un rango estrecho alrededor de la media indica que el proyecto tiene una alta probabilidad de generar tasas de retorno muy superiores al costo de oportunidad del capital, aun considerando los riesgos asociados a la producción de arroz. Esta distribución de la TIR confirma que el proyecto no solo es rentable, sino que también ofrece retornos significativamente atractivos, lo cual fortalece el argumento a favor de la adopción del sistema AWD como una inversión sólida.

Estos hallazgos refuerzan la robustez financiera del proyecto y son consistentes con la literatura especializada, que reporta tasas internas de retorno elevadas en proyectos agrícolas que implementan tecnologías sostenibles y de bajo costo operativo (Tariq et al., 2019; González et al., 2017).

Figura 3

Distribucion de probabilidad TIR



La Figura 4 presenta el análisis de sensibilidad del Valor Actual Neto (VAN) generado mediante la simulación de Monte Carlo en @RISK. En este gráfico se jerarquizan las variables de entrada según

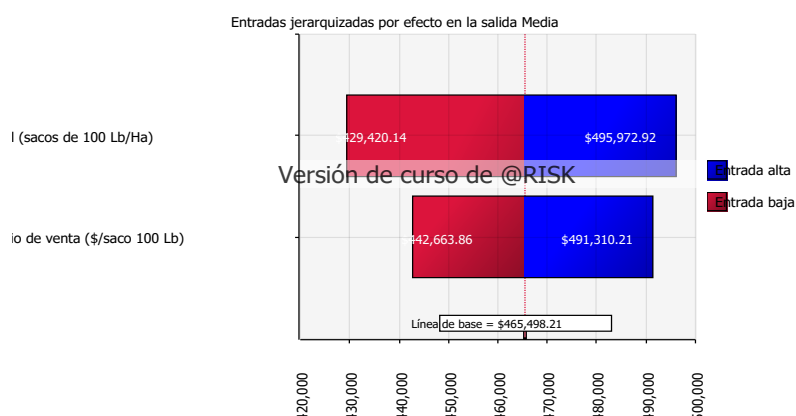
su efecto sobre la media del VAN del proyecto, permitiendo identificar cuáles factores influyen en mayor medida sobre los resultados financieros.

De acuerdo con los resultados, la variable que más impacto tiene sobre el VAN es el rendimiento actual del cultivo de arroz, medido en sacos de 100 libras por hectárea. En escenarios donde el rendimiento fue bajo, el VAN promedio cayó a USD 429,420.14, mientras que en escenarios con altos rendimientos el VAN se incrementó a USD 495,972.92. Este resultado evidencia que la rentabilidad del proyecto depende en gran medida del volumen de producción obtenido en campo, lo cual está estrechamente ligado al manejo agronómico y a las condiciones agroclimáticas. Este hallazgo es coherente con estudios previos, donde se ha identificado el rendimiento como uno de los factores más críticos para la estabilidad financiera de los sistemas arroceros (Gómez et al., 2018).

La segunda variable más influyente es el precio de venta del saco de arroz. Según la simulación, cuando el precio de mercado es bajo, el VAN promedio desciende a USD 442,663.86, mientras que ante precios altos puede alcanzar hasta USD 491,310.21. Esto confirma que el comportamiento del mercado influye directamente en los ingresos del productor, y que la volatilidad de precios representa un riesgo importante para la sostenibilidad económica del proyecto. Martínez y Pérez (2020) destacan que los precios de los productos agrícolas deben ser monitoreados constantemente y que esquemas de comercialización más estables pueden mejorar la rentabilidad en el largo plazo.

Figura 4

Ranking



de variables

estocásticas VAN

La Figura 5 muestra el análisis de sensibilidad de la Tasa Interna de Retorno (TIR), jerarquizando las variables de entrada según su efecto sobre la media de este indicador financiero. La simulación se realizó mediante el software @RISK, lo cual permitió identificar las variables que más influyen en la rentabilidad relativa del proyecto.

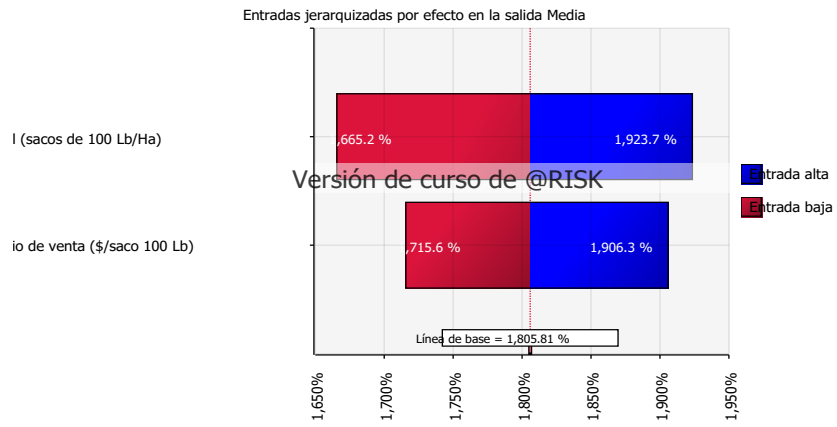
Los resultados indican que la variable con mayor impacto sobre la TIR es el rendimiento actual del cultivo de arroz. En escenarios de bajo rendimiento, la TIR promedio se reduce hasta 1,665.2 %, mientras que en condiciones de alto rendimiento puede alcanzar 1,923.7 %. Esta sensibilidad resalta la importancia de mantener altos niveles de productividad para asegurar la rentabilidad del proyecto, especialmente cuando se implementan tecnologías de eficiencia hídrica como el sistema AWD. Este hallazgo coincide con lo reportado en la literatura, donde se establece que el rendimiento es uno de los determinantes más críticos en la rentabilidad de cultivos extensivos como el arroz (Gómez et al., 2018).

La segunda variable más influyente es el precio de venta del saco de arroz, el cual muestra un efecto directo sobre la TIR. Cuando los precios de mercado son bajos, la TIR cae a 1,715.6 %, mientras que con precios altos puede elevarse hasta 1,906.3 %. Esta relación evidencia que la TIR es sensible a la dinámica de precios, lo cual refuerza la necesidad de mecanismos de comercialización que minimicen la exposición a la volatilidad del mercado. Según Martínez y Pérez (2020), contar con contratos de compra anticipada o acceso a mercados diferenciados puede reducir el riesgo de fluctuaciones bruscas en los ingresos del productor.

Ambas variables—rendimiento y precio de venta—tienen un efecto significativo sobre la rentabilidad relativa del proyecto, y su adecuada gestión resulta clave para mantener la viabilidad económica de la implementación del sistema AWD. Este análisis reafirma que, si bien el proyecto es rentable en condiciones promedio, su desempeño puede mejorar sustancialmente bajo estrategias que aseguren estabilidad productiva y comercial.

Figura 5

Ranking de variables estocásticas TIR



Conclusiones

Se confirmó que el sistema de riego por alternancia de secado e inundación (AWD) puede reducir el consumo de agua en aproximadamente un 20 %, posicionándose como una alternativa viable frente al riego por inundación tradicional. Esta reducción permite un uso más eficiente del recurso hídrico, clave en contextos de escasez.

El análisis financiero determinó que el sistema AWD es rentable incluso en escenarios con reducciones de rendimiento de hasta un 30 %. Esta rentabilidad se explica principalmente por el ahorro en costos operativos, especialmente en el consumo de diésel y mantenimiento de bombas.

Las simulaciones de riesgo realizadas con @Risk mostraron que existe una probabilidad superior al 70 % de que el proyecto genere beneficios económicos, lo que demuestra que la implementación del sistema AWD es financieramente robusta incluso bajo condiciones de incertidumbre.

Los indicadores financieros, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Retorno de la Inversión (PRI), fueron positivos y consistentes, consolidando la viabilidad económica del sistema AWD frente al riego tradicional.

El rendimiento del cultivo y el precio de venta del arroz resultaron ser las variables que más afectan la rentabilidad del sistema AWD, lo cual resalta la importancia de un buen manejo agronómico y una estrategia comercial adecuada.

Aunque el sistema AWD genera beneficios ambientales evidentes, como la reducción de la huella hídrica y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, estos impactos positivos no son reconocidos dentro del flujo de caja del productor, debido a la ausencia de un valor económico asignado al agua.

La adopción del sistema AWD representa una oportunidad tangible para avanzar hacia una producción de arroz más sostenible, sin comprometer la rentabilidad del sistema productivo.

El uso eficiente del agua, sumado a la reducción en el consumo de diésel y mano de obra para el riego, permitió que los costos variables del sistema AWD fueran menores en comparación con el sistema tradicional, mejorando así la eficiencia técnica y económica del sistema productivo.

Recomendaciones

Se recomienda implementar el sistema AWD de forma gradual, empezando con un bloque piloto dentro de la finca para validar el manejo del nivel freático y capacitar al personal encargado del riego.

Es importante incorporar herramientas de bajo costo para monitoreo del nivel de agua, como tubos de observación o sensores simples, con el fin de asegurar una aplicación eficiente del sistema AWD sin necesidad de grandes inversiones iniciales.

Es fundamental promover políticas públicas que otorguen incentivos económicos a los productores que adopten tecnologías de riego eficientes, como precios preferenciales para arroz sostenible, compensaciones por reducción de rendimiento o la implementación de tarifas por consumo de agua.

Los productores deben explorar oportunidades comerciales en mercados que valoren la sostenibilidad, mediante certificaciones ambientales o acuerdos con compradores que reconozcan el ahorro de agua como un valor agregado del producto.

Finalmente, se recomienda continuar generando evidencia local sobre la implementación del sistema AWD en condiciones reales de campo, con el fin de ajustar las estrategias de manejo, reducir riesgos productivos y promover su adopción en otras fincas de características similares

Se recomienda validar los resultados obtenidos en esta investigación, mediante pruebas piloto en campo para ajustar los porcentajes de ahorro y rendimiento a las condiciones edafoclimáticas locales, antes de su implementación a gran escala.

Referencias

- Belder, P., Bouman, B [B.A.M], Cabangon, R., Guoan, L., Quilang, E., Yuanhua, L., Spiertz, J. y Tuong, T. (2004). Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agricultural Water Management*, 65(3), 193–210. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2003.09.002>
- B.A.M. Bouman, R.M. Lampayan y T.P. Tuong. (2007). *Water management in irrigated rice. Coping with water scarcity*. https://www.researchgate.net/publication/276849165_Water_management_in_irrigated_rice_Coping_with_water_scarcity
- Carrijo, D. R., Lundy, M. E. y Linqvist, B. A. (2017). Rice yields and water use under alternate wetting and drying irrigation: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 203, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.002>
- Chukalla, A. D., Krol, M. S. y Hoekstra, A. Y. (2015). Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(12), 4877–4891. <https://doi.org/10.5194/hess-19-4877-2015>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *FAO Rice Market Monitor*. <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/rice/rmm/en>
- Harper, J. K., Cornelisse, S., Kime, L. F. y Hyde, J. (2019). *Budgeting for Agricultural Decision Making*. Penn State Extension. <https://extension.psu.edu/budgeting-for-agricultural-decision-making>
- Hasan, A. R., Kundu, N. K., Hasan, S., Hoque, M. R. y Shatabda, S. (2024). *Accurate water level monitoring in AWD rice cultivation using convolutional neural networks*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2401.08222>
- International Rice Research Institute. (2013). *Water-saving techniques: Alternate wetting and drying*. International Rice Research Institute. <https://www.irri.org/news-and-updates/media-releases/water-saving-techniques-alternate-wetting-and-drying>
- International Rice Research Institute. (2018). *World rice statistics*. International Rice Research Institute. <https://ricestat.irri.org>
- International Rice Research Institute. (2021). *Water-saving technologies in rice cultivation*. International Rice Research Institute. <https://www.irri.org/news-and-updates/news/water-saving-technologies-rice-cultivation>
- Kumar, M [Mukesh], Sahni, R. K., Waghaye, A. M., Kumar, M [Manoj] y Randhe, R. D. (2024). Electronic Sensor-Based Automated Irrigation System for Rice Cultivated Under Alternate Wetting and Drying Technique. *AgriEngineering*, 6(4), 4720–4738. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6040270>
- Lampayan, R. M [Rubenito M.], Rejesus, R. M., Singleton, G. R. y Bouman, B. A. (2015). Adoption and economics of alternate wetting and drying water management for irrigated lowland rice. *Field Crops Research*, 170, 95–108. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.10.013>

- Mallesh, T. M. (2025). *Patented IoT-enabled Alternate Wetting and Drying (AWD) system | ICTforAg Learning Network*. <https://learningnetwork.ictforag.com/innovation/patented-iot-enabled-alternate-wetting-and-drying-awd-system>
- Rejesus, R. M., Palis, F. G., Rodriguez, D. G. P., Lampayan, R. M [Ruben M.] y Bouman, B. A. (2011). Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. *Food Policy*, 36(2), 280–288. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.11.026>
- Tabbal, D. F., Bouman, B [B.A.M.], Bhuiyan, S. I., Sibayan, E. B. y Sattar, M. A. (2002). On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice; case studies in the Philippines. *Agricultural Water Management*, 56(2), 93–112. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00007-0)
- Vicente, L., Peña, D., Fernández, D., Albarrán, Á., Rato-Nunes, J. M. y López-Piñeiro, A. (2025). Alternate wetting and drying irrigation with field aged biochar may enhance water and rice productivity. *Agronomy for Sustainable Development*, 45(1). <https://doi.org/10.1007/s13593-024-01000-3>
- Yang, s., Xiao, Y., Sun, X., Ding, J., Jiang, Z. y Xu, J. (2019). Biochar improved rice yield and mitigated CH₄ and N₂O emissions from paddy field under controlled irrigation in the Taihu Lake Region of China. *Atmospheric Environment*, 200, 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.003>

Anexos

Anexo A

Entrevista a administradora de finca

Sebastian Asan: Buen Día ¿Podría indicarme su nombre completo y cargo dentro de la finca?

Gabriela Sotomayor: Buen día, Claro, mi nombre es Gabriela Sotomayor y soy administradora general de la finca.

Sebastian Asan: ¿Desde hace cuántos años está operando la finca y cuántas hectáreas posee actualmente en producción?

Gabriela Sotomayor: La finca está en operación desde hace aproximadamente 15 años, pero yo llevo a cargo 5 años y cuenta con 40 hectáreas destinadas exclusivamente al cultivo de arroz.

Sebastian Asan: ¿Qué variedad de arroz cultiva y cuál es el ciclo de producción habitual?

Gabriela Sotomayor: Cultivamos la variedad Feron, que tiene un ciclo de 100 días desde la siembra hasta la cosecha.

Sebastian Asan: ¿Podría describirme cómo es actualmente el sistema de riego que utiliza en la finca?

Gabriela Sotomayor: Usamos riego por inundación. Empezamos a regar 10 días antes de la siembra para preparar el terreno, y luego regamos dos veces por semana durante unas 15 semanas, usando dos bombas de succión.

Sebastian Asan: ¿Cuánto diesel utilizan en promedio por semana y cuánto les cuesta?

Gabriela Sotomayor: Utilizamos unos \$220 semanales en diesel durante las 13 semanas, lo que suma alrededor de \$2.860 por ciclo.

Sebastian Asan: ¿Quién se encarga de manejar las bombas y cuánto se le paga?

Gabriela Sotomayor: Tenemos una persona encargada del riego y de las labores de la finca. Le pagamos \$120 a la semana, durante todo el ciclo.

Sebastian Asan: ¿Cada cuánto tiempo hacen mantenimiento a las bombas y cuánto cuesta?

Gabriela Sotomayor: Se les cambia el aceite una vez por ciclo. Cada bomba usa 2 galones de aceite, y cada galón cuesta \$18.

Sebastian Asan: ¿Ha tenido problemas con el acceso al agua?

Gabriela Sotomayor: Sí, especialmente en época seca. Hay conflicto con fincas vecinas porque todos usan el mismo canal y el caudal baja mucho.

Sebastian Asan: ¿Qué estrategias ha intentado implementar para hacer más eficiente el uso del agua?

Gabriela Sotomayor: Hemos considerado hacer surcos más profundos, mejorar el nivelado del terreno y recientemente escuchamos del sistema AWD, pero aún no lo hemos probado.

Sebastian Asan: ¿Estaría dispuesta a implementar un sistema de riego como el AWD que alterna períodos de humedad y secado?

Gabriela Sotomayor: Si los números salen y realmente se ahorra agua sin bajar mucho el rendimiento, sí lo consideraría.

Sebastian Asan: ¿Tiene algún registro del rendimiento promedio por hectárea en los últimos ciclos?

Gabriela Sotomayor: En promedio sacamos 60 sacos por hectárea.

Sebastian Asan: ¿Qué fertilizantes, herbicidas y plaguicidas utiliza?

Gabriela Sotomayor: Usamos urea, cloruro de potasio y fosfato diamónico. En herbicidas usamos pre-emergentes como oxifluorfén, y en plagas usamos productos como fipronil o lambdacialotrina, dependiendo del ciclo.

Sebastian Asan: ¿Alquila maquinaria para labores agrícolas?

Gabriela Sotomayor: Sí, alquilamos maquinaria para la preparación del terreno y para la cosecha.

Sebastian Asan: ¿Cómo comercializa el arroz? ¿Vende directamente o a través de intermediarios?

Gabriela Sotomayor: Vendemos directamente a una planta procesadora local que nos paga por quintal seco y limpio.

Sebastian Asan: ¿Qué precio promedio recibe por el quintal?

Gabriela Sotomayor: Últimamente \$35 por quintal.

Sebastian Asan: ¿Está interesada en prácticas más sostenibles o con enfoque ambiental?

Gabriela Sotomayor: Sí, siempre que no afecten mucho la rentabilidad. Queremos cuidar el agua, pero también necesitamos que el negocio sea viable.

Sebastian Asan: Además del sistema de riego y los costos operativos mencionados, ¿podría detallarme cómo se distribuyen los egresos a lo largo del ciclo de cultivo?

Gabriela Sotomayor: Dividimos los egresos por fases. Primero está la preparación del terreno, donde usamos el canguro (romploneo) y el rotaveitor, ambos con 2 pases. Esto nos cuesta \$2.640 y \$2.880 respectivamente.

Sebastian Asan: ¿Qué tipo de semilla utiliza y cuánto invierte en ella?

Gabriela Sotomayor: Usamos la semilla Feron, una saca por ciclo, que nos cuesta \$5.760.

Sebastian Asan: ¿Cómo estructuran las fumigaciones y qué productos aplican?

Gabriela Sotomayor: Hacemos varias aplicaciones. En la fumigación post-emergente usamos Cosmo agua, Actrees, Pamex, Clomit, Pelion, Cristalan, Arpon... Luego aplicamos insecticidas como Acnex, Metralla, Siapton, Zendrop y más Arpon.

Sebastian Asan: ¿Realizan aplicaciones foliares también?

Gabriela Sotomayor: Sí, una segunda y una tercera. En la segunda usamos productos como Cytokim, Topgum y Sariba; en la tercera Custodia, Expergrout, Boro Calcio, Acefato y otros.

Sebastian Asan: ¿Qué tipo de fertilización aplica y cuánto gasta?

Gabriela Sotomayor: Aplicamos Urea, Nitro Blen y 8-20-20. En total, gastamos \$5.120, \$3.420 y \$2.400 respectivamente, sumando unos \$10.940 en fertilización.

Sebastian Asan: ¿Y en labores manuales?

Gabriela Sotomayor: Contratamos jornales para la siembra, además de mano de obra para riegos posteriores, deshierbe, fertilización y control de plagas.

Sebastian Asan: ¿Cómo manejan la cosecha?

Gabriela Sotomayor: Alquilamos una cosechadora y transporte, el costo es de 1.7 y 1.25 dólares por saco

Sebastian Asan: ¿Hay otros costos que considere importantes?

Gabriela Sotomayor: Sí, tenemos costos fijos como el guardia, electricidad y agua. Todo eso se incluye en "otros costos".

Sebastian Asan: Muchas gracias por compartir estos detalles. Esto complementa
perfectamente el análisis de mi tesis.

Gabriela Sotomayor: Con gusto. Espero que esta información sirva para hacer más eficiente el uso del agua y los costos.