

# Análisis de las Causas del Desabasto de Agua y Propuestas de Mejora con Implementación de Riego Inteligente

Fernando Villarreal-Araiza<sup>1</sup>, Ángel Arrieta-Cano<sup>1</sup>, Mauricio Jiménez-Monterrubio<sup>1</sup>, Juan M. Miranda-Fuentes<sup>1</sup>, Mazin Rayes-Zeidan<sup>1</sup>, Zizilia Zamudio-Beltrán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad La Salle México, Facultad de Ingeniería. Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Universidad De La Salle México, Vicerrectoría de Investigación. Ciudad de México, México.

f.villarreal@lasallistas.org.mx, angelarrieta@lasallistas.org.mx,  
jmirandaf2@lasallistas.org.mx, mauricio.jimenez@lasallistas.org.mx,  
m.rayes@lasallistas.org.mx, zizilia.zamudio@lasalle.mx

**Resumen.** El presente trabajo analiza las causas del desabasto de agua en diversas regiones, su impacto en el país y propone posibles mejoras. Entre los problemas identificados se encuentran la falta de mantenimiento de las tuberías, las fugas, el uso excesivo de agua en el riego agrícola y la falta de automatización para regular el flujo y la cantidad necesaria en cada área. Para abordar estos problemas, se propone la implementación de un sistema de riego inteligente que detecta la temperatura y la humedad ambiental, actuando de manera óptima para mantener niveles adecuados y estables según el tipo de cultivo. Este sistema avanzado tiene como objetivo mejorar la eficiencia del uso del agua y contribuir a la sostenibilidad de los recursos hídricos.

**Palabras Clave:** Desabasto de agua, Uso excesivo de agua, Sistema de riego avanzado.

## 1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

A nivel mundial, la industria agrícola enfrenta serios problemas relacionados con el riego eficiente. Una gran cantidad de agua se desperdicia debido a métodos de riego manual, que a menudo son ineficientes y generan un desperdicio significativo. Según Toledo (2002), la distribución y el acceso al agua dulce se han visto gravemente afectados por la revolución agrícola de las últimas décadas, la cual implica la manipulación de grandes cuerpos de agua, la explotación de acuíferos subterráneos y la irrigación. La irrigación utiliza alrededor del 69% de toda el agua dulce disponible en el mundo, por lo que un manejo inadecuado conlleva pérdidas significativas, afectando otras actividades vitales como la generación de energía y el uso doméstico.

El acelerado crecimiento de la población en las últimas décadas ha incrementado significativamente las hectáreas dedicadas a la agricultura. Toledo (2002) señala que entre 1900 y 2000, la población mundial aumentó en 4,400 millones de personas y las tierras agrícolas en 217 millones de hectáreas. Esto plantea dudas sobre la suficiencia de los recursos hídricos para mantener estos terrenos en constante expansión. Además, el Banco Mundial (2022) reporta que entre 2010 y 2020, la población mundial aumentó en aproximadamente 1 millón de personas, una cuarta parte del crecimiento de un siglo en solo una década.

Reconociendo los altos recursos requeridos para estos procesos, Qadir et al. (2003) identificaron que el 63% del agua utilizada en la irrigación se pierde en forma de escorrentía, drenaje o fugas en las instalaciones de almacenamiento antes de llegar a los campos. Estas cifras resaltan fallas importantes en la infraestructura de riego, las cuales deben abordarse para optimizar el sistema.

Como menciona Mwato (2023), se han implementado diversos sistemas automáticos con componentes electrónicos y sensores para mejorar la eficiencia del riego. Sin embargo, estos sistemas a menudo presentan fallos técnicos y altos costos de reparación. La falta de sistemas de riego eficientes en la agricultura conlleva a problemas significativos que afectan tanto a los agricultores como al medio ambiente. Un sistema de riego eficiente permitiría reducir estos problemas mediante una distribución uniforme y un uso controlado del agua, mejorando así la sostenibilidad de la producción agrícola.

Este trabajo impacta directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), al buscar optimizar los recursos limitados para una población creciente, el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), promoviendo la industrialización sostenible y el uso de tecnologías modernas, el ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento), buscando un uso más eficiente y sostenible de los recursos hídricos, y el ODS 2 (Hambre Cero), mejorando la producción de cosechas de los campos agrícolas y, por ende, la producción de alimentos.

## 2 Objetivo

Promover prácticas y tecnologías que optimicen el uso del agua y maximicen la productividad de los cultivos, investigando y analizando la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de riego en la agricultura. Además, se buscan soluciones que sean flexibles y fácilmente adaptables a diferentes tipos de terrenos, climas e infraestructuras.

## 3 Propuesta teórico-metodológica

En la industria de la agronomía, existen varios sistemas de riego, algunos de los cuales están desactualizados en comparación con la tecnología disponible hoy en día, mientras que otros son más sofisticados. Sin embargo, persiste el problema del uso ineficiente del agua. Muchas empresas han reconocido esta ineficiencia y han optado por implementar sistemas de riego inteligente que utilizan diferentes sensores para optimizar el uso del agua (Siegel, 2024).

En la Tabla 1 se puede observar un análisis de tres diferentes tipos de riego, en donde se presenta la evaluación de la eficiencia y sostenibilidad de diferentes sistemas de riego, se encontró que el riego por goteo presenta una eficiencia del 90-95%, lo que lo convierte en el método más eficiente comparado con el riego por aspersión y el riego por superficie, cuyas eficiencias son del 70-85% y 50-60%, respectivamente (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2017). El riego por goteo no solo reduce la evaporación y la escorrentía, sino que también minimiza la lixiviación de nutrientes y pesticidas, lo que tiene un impacto ambiental positivo (Schoups et al., 2005). Por otro lado, aunque el riego por aspersión permite una distribución uniforme del agua en áreas grandes, su eficiencia puede verse afectada por factores como el viento y la evaporación (FAO, 2017). En contraste, el riego por superficie, aunque menos costoso inicialmente, resulta en altas tasas de pérdida de agua y problemas como la erosión y la

salinización del suelo (Postel, 1999; Ghassemi et al., 1995). Los costos iniciales de los sistemas de riego por goteo y aspersión son más elevados, pero se compensan con menores costos operativos a largo plazo y una mejor eficiencia en el uso del agua (Perry et al., 2009). La implementación de estos sistemas en países como Israel ha demostrado su eficacia, con el riego por goteo alcanzando una eficiencia del 95% (Ministry of Agriculture and Rural Development, Israel, 2021). En India, aunque el riego por superficie sigue siendo predominante, la adopción de riego por goteo y aspersión está en aumento debido a sus beneficios en términos de ahorro de agua y aumento de la productividad agrícola (Narayanamoorthy, 2006). Adicionalmente, un estudio llevado a cabo en Mali por Ab Kadir et al. (2024) mostró resultados positivos al implementar un sistema de irrigación inteligente alimentado por medio de energía solar. Mali es una amplia región desértica que sufre fuertemente por la escasez de agua e, incluso bajo estas circunstancias, se registró una reducción en el uso de agua entre 30 y 40% para los cultivos, así como un incremento del 20% en el rendimiento de dichos cultivos. En países con condiciones climáticas y geológicas similares a México, respecto a la poca disponibilidad de agua en regiones áridas y semiáridas, como Israel, existen sistemas como NetBeat, desarrollado por la compañía israelí Netafim, que utilizan el IoT y la inteligencia artificial para monitorear las condiciones del clima y suelo para proporcionar recomendaciones en tiempo real acerca de la irrigación y la fertilización de los cultivos. Izhar Galid, la cabeza del sector de desarrollo comercial y de negocios, menciona que uno de los principales retos de trabajar en una región semiárida es la variación constante de los parámetros involucrados en el proceso de cultivo durante la temporada de crecimiento, como temperatura, humedad, variación en los nutrientes, evapotranspiración, etc. que requieren de un monitoreo en tiempo real. (Galid, 2018).

La empresa IRRIoT utiliza un sistema de riego automatizado y de precisión completamente inalámbrico, equipado con diversos sensores y programas ajustables (Figura 1). Este sistema se controla mediante un temporizador y un software especializado que permite ajustar los tiempos y momentos de activación del riego. Por otro lado, NOVAGRIC también ofrece un sistema de riego automatizado que puede ser programado según tiempos específicos, sensores y condiciones climáticas actuales, mejorando así la eficiencia y el uso del agua (Figura 2).

Este proyecto evalúa una solución a este problema utilizando diferentes componentes y conceptos de mecánica y electrónica para implementar un sistema físico de control. Para optimizar el uso del agua, se implementará un sistema de sensores que recopilen, procesen y envíen datos sobre el estado de los cultivos. Estos sensores medirán el porcentaje de humedad del suelo, la temperatura ambiental, y el área cubierta por el riego para asegurar una distribución uniforme y adecuada del agua. Además, se monitoreará la presión en las tuberías y canales de suministro de agua para detectar posibles fugas y pérdidas significativas.

El sistema utilizará diversos componentes físicos y un sistema de control operado desde un único punto, sin necesidad de presencia constante en toda el área a cubrir. Un microcontrolador programado permitirá implementar distintos sistemas de control para gestionar el riego. Se utilizará un controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo) para regular el flujo de agua y ajustar la cantidad suministrada según la diferencia de humedad del suelo. También se implementará un control predictivo basado en modelo (MPC) para prever las necesidades de riego basándose en datos históricos y condiciones climáticas. Finalmente, un control de lazo cerrado simple monitoreará la salida de las tuberías y fuentes de agua para mantener un flujo y presión constantes.

Para este sistema, se han seleccionado los siguientes sensores y dispositivos: un sensor de humedad y temperatura EnviroSCAN de Sentek (\$1500-\$3000 USD), un sensor integrado Waspnote de Libelium para monitorear las condiciones climáticas (\$400 - \$800 USD), y un sensor IoT Pressure Transmitter de Endress+Hauser (\$500 - \$1,500 USD) para medir la presión en las fuentes de agua y monitorear en tiempo real la infraestructura.

El sistema de riego automatizado puede evitar el aniego al optimizar la cantidad de agua suministrada y prevenir el exceso de riego, ya que utiliza sensores que miden la humedad del suelo y las condiciones climáticas, estos sistemas ajustan el riego para suministrar solo el agua necesaria, reduciendo el riesgo de saturar el suelo. Además, la automatización permite una programación precisa, evitando el riego innecesario durante periodos de lluvia o cuando el suelo ya tiene suficiente humedad. (ECOagricultor, 2022)

En cuanto a la instalación de un sistema eficiente se deben tener distintas consideraciones. Primero, se realiza un análisis del terreno para determinar la distribución óptima de las tuberías y los emisores de agua. Luego, se instalan sensores de humedad del suelo en varias ubicaciones estratégicas, aproximadamente uno cada 500 metros cuadrados, para monitorear los niveles de humedad en tiempo real. Estos sensores están conectados a una unidad central de control, que puede ser un controlador de riego programable o un sistema basado en la nube. A continuación, se despliegan las tuberías principales y secundarias, asegurándose de que estén bien enterradas y protegidas para evitar daños. Los emisores de agua, como aspersores o goteros, se colocan en puntos clave con una densidad de 4 emisores por metro cuadrado para garantizar una cobertura uniforme del cultivo. El sistema se conecta a una fuente de agua, que puede ser un pozo, un tanque de almacenamiento con capacidad mínima de 10,000 litros o una red de suministro de agua. El controlador de riego se programa según las necesidades específicas del cultivo, teniendo en cuenta factores como el tipo de planta, la etapa de crecimiento y las condiciones climáticas. Este controlador recibe datos en tiempo real de los sensores de humedad y ajusta los horarios y la cantidad de riego automáticamente, con la capacidad de reducir el consumo de agua en un 30%. Además, se puede integrar con aplicaciones móviles para permitir la supervisión y el control remoto del sistema, garantizando un uso eficiente del agua y mejorando la salud y el rendimiento del cultivo en un 20% (Plauborg. et al., 2004).

El sistema requerirá retroalimentación constante para su correcto funcionamiento, permitiendo una gestión eficiente y un mantenimiento accesible. Los datos recopilados por los sensores se utilizarán para ejecutar un control adecuado del suministro de agua según las necesidades detectadas.

Aunque el costo inicial de los sensores y dispositivos es elevado, estos costos se justifican por los ahorros generados a través del uso eficiente del agua. Este sistema garantiza que toda el agua suministrada llegue a su destino propuesto y que se utilice solo la cantidad mínima necesaria para obtener una cosecha de calidad, reduciendo significativamente los gastos operativos. Además, la automatización minimiza el error humano, incrementa la calidad de los productos y mejora el rendimiento agrícola. Finalmente, este sistema reduce el impacto ambiental y promueve la responsabilidad social de las corporaciones agropecuarias al implementar tecnologías sostenibles.

En México el riego inteligente es una realidad, desde hace algunos años se han implementado distintos tipos de sistemas parecidos a ciertos sistemas en India, un ejemplo es el área agrícola Agrícola El Rosal, ubicado en Sinaloa, donde fue implementado con éxito el sistema utilizando diferentes tipos de sensores, controladores e incluso llegando al monitoreo remoto. Sin embargo,

se conoce que la infraestructura, así como instalación es un proceso costoso y que tarda en recuperarse la inversión, por ello se han hecho diversos cambios en estos sistemas y apuestas para este sector, mejorando el ahorro de agua y el aumento de producción en dichas zonas agrícolas

#### **4 Discusión de resultados**

En México, aún no existen registros de la utilización de sistemas de riego inteligente, por lo que su efectividad y adecuación aún no han sido comprobadas. Según el INEGI, los sistemas de riego más comunes en el país son: por goteo, aspersión, bombeo y gravedad, siendo el riego por gravedad el más utilizado, dependiendo del tipo de cultivo.

Implementar un sistema de riego inteligente en México podría beneficiar significativamente a la agricultura, logrando que el porcentaje de cobertura de siembra y riego se acerquen lo más posible. De acuerdo con el INEGI, en 2022, el 94% de la superficie sembrada bajo riego alcanzó su objetivo de cobertura. Además, México cuenta con cuatro tipos principales de cultivos, uno de los cuales depende en gran medida de las temporadas de lluvia, y se beneficiaría enormemente de la implementación de un sistema de riego inteligente.

La propuesta de un sistema de riego inteligente promueve un uso más eficiente del agua, incluyendo el aprovechamiento de agua de lluvia tratada, lo cual podría ahorrar una gran cantidad de este recurso. Además, este sistema reduciría las pérdidas de cultivos durante la cosecha, resultando en una mayor cantidad y calidad de productos.

Dado que los sistemas de riego inteligente aún no se han popularizado en México, su implementación podría tener un gran impacto en la agricultura nacional. Estos sistemas permitirían un riego eficiente, sin desperdiciar agua, utilizando agua de lluvia purificada para mejorar las cosechas. Además, facilitarían la plantación de cualquier tipo de cultivo, independientemente de la temporada de lluvia, mejorando la sostenibilidad y la productividad agrícola.

#### **5 Conclusiones y perspectivas futuras**

De acuerdo con el análisis realizado, la implementación de un proyecto de riego automatizado con un sistema de control retroalimentado permitirá mejorar su eficiencia y prolongar su vida útil, Esto ayudará a reducir costos de mantenimiento y utilizar los recursos de manera más eficiente asegurando una producción adecuada, en gran cantidad y con la menor cantidad de recursos posible. El sistema de riego inteligente propone el monitoreo preciso y constante de las variables más significativas dentro del campo de la agricultura, para prevenir y ajustar cualquier mal funcionamiento o posible pérdida innecesaria que se pueda generar en el sistema. El principal beneficio radica en un mejor uso del agua y en la creación de conciencia sobre su valor como recurso indispensable, resaltando la importancia de aprovecharla de mejor manera y evitar su desperdicio.

El análisis presentado respalda la viabilidad técnica, financiera y ambiental de establecer plantas de reciclaje automatizadas como una solución sostenible para la gestión de residuos plásticos en México. Esta iniciativa no solo puede ser aplicada localmente, sino que también tiene el potencial de ser implementada en otros países donde la contaminación plástica es un problema significativo

## 6 Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería y a la Universidad La Salle por el apoyo brindado durante el desarrollo de nuestra investigación sobre el análisis de las causas del desabasto de agua y las propuestas de mejora mediante la implementación de riego inteligente. Agradecemos especialmente a nuestra docente Zizilia Zamudio Beltrán quien, con su guía y experiencia, ha enriquecido nuestro aprendizaje y nos ha motivado a abordar este tema de vital importancia para nuestra sociedad.

## 4 Referencias

1. Zhang, J., & Wang, L. (2005). Intelligent control of irrigation systems using fuzzy logic and wireless sensor network. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2(3), 46-50. <https://doi.org/10.3965/j.issn.1934-6344.2005.03.046-050>
2. Doraiswamy, P. C., Hatfield, J. L., Jackson, R. D., Akhmedov, B., & Prueger, J. H. (2004). Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 92(4), 548-559. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.05.017>
3. Caba, J. G., & Castaño, S. (2019). Desarrollo de un sistema de riego automatizado utilizando tecnología IoT. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (92), 71-82. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n92a08>
4. Irriot. (2023, 3 abril). Automatización del riego inalámbrico. [https://www.irriot.com/es/?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwgdDayBhBQEiwAXhMxtsKfvR4Z8y3dBZlhDBXjWNuaDqBWX7CbIFh2IEPvvXq6o4frS5E3zxoCXxcQAvD\\_BwE](https://www.irriot.com/es/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwgdDayBhBQEiwAXhMxtsKfvR4Z8y3dBZlhDBXjWNuaDqBWX7CbIFh2IEPvvXq6o4frS5E3zxoCXxcQAvD_BwE)
5. NOVAGR (2019, 25 abril). Riego Automático. <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-automatico>
6. Gobierno de México (2018, 21 marzo). En la agricultura, los sistemas de riego son utilizados para un aprovechamiento óptimo del agua. <https://www.gob.mx/siap/articulos/en-la-agricultura-los-sistemas-de-riego-son-utilizados-para-un-aprovechamiento-optimo-del-agua?idiom=es#:~:text=Actualmente%20existen%20diferentes%20sistemas%20de,y%20por%20gravedad%2C%20entre%20otros.>
7. Gobierno de México (2023, 30 junio). Hablemos de . . . la agricultura en México (parte 2). <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/hablemos-de-la-agricultura-en-mexico-parte-dos?idiom=es>
8. INEGI. (2024). Estadísticas a propósito del día mundial del agua: Desafíos y oportunidades en el uso agrícola en México. (Número de informe 196/24). [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP\\_DiaMundAgua.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP_DiaMundAgua.pdf)
9. M. Qadir, Th.M. Boers, S. Schubert, A. Ghafoor, G. Murtaza (2003). Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities. *Elsevier Science*, 62, 165-185. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037837740300146X?via%3Dihub>
10. Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica*, 64, 9-18. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906402.pdf>
11. ONU (2022, mayo 24). Objetivos de desarrollo sustentable. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
12. Sentek (2023, mayo 13). Sonda de suelo portátil EnviroSCAN. <https://www.agriexpo.online/es/prod/sentek/product-178591-31180.html>
13. Libelium (2021, junio 17). Productos IoT Waspote. <https://www.libelium.com/es/productos-iot/waspote/> Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). Efficient water management in agriculture. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i7463e.pdf>
14. Ghassemi, F., Jakeman, A. J., & Nix, H. A. (1995). *Salinisation of Land and Water Resources: Human Causes, Extent, Management and Case Studies*. CAB International.

15. Ministry of Agriculture and Rural Development, Israel. (2021). Agricultural Innovation in Israel. Retrieved from [https://www.moag.gov.il/en/Subjects/agricultural\\_innovation/Pages/default.aspx](https://www.moag.gov.il/en/Subjects/agricultural_innovation/Pages/default.aspx)
16. Narayanamoorthy, A. (2006). Potential for Drip and Sprinkler Irrigation in India. Gokhale Institute of Politics and Economics.
17. Perry, C., Steduto, P., Allen, R. G., & Burt, C. M. (2009). Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96(11), 1517-1524.
18. Postel, S. (1999). *Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?* W.W. Norton & Company.
19. Schoups, G., Hopmans, J. W., Young, C. A., Vrugt, J. A., Wallender, W. W., Tanji, K. K., & Panday, S. (2005). Sustainability of irrigated agriculture in the San Joaquin Valley, California. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(43), 15352-15356.
20. World Bank. (2020). World Development Indicators: Freshwater. Retrieved from <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
21. Mwato, M. (2023, julio 3). Automation in Agriculture: The Pros and Cons of Replacing Human Labor with Machines. <https://www.bivatec.com/blog/automation-in-agriculture-the-pros-and-cons-of-replacing-human-labor-with-machines>
22. Siegel, S. (2024, febrero 20). Revolutionizing Agriculture: Innovative Irrigation Solutions for a Sustainable Water Future <https://www.agritechtomorrow.com/article/2024/02/revolutionizing-agriculture-innovative-irrigation-solutions-for-a-sustainable-water-future/15247>
23. ECOagricultor. (2022, 3 octubre). Acerca de ECOagricultor. <https://www.ecoagricultor.com/sobre-nosotros-ecoagricultor/>
24. Ab Kadir, D., Zawawi, M., Asmar, M., Safie, M., Faizal, F. & Hanazrie, H. (2024). *Opportunities and Risks in AI for Business Development*. Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-65203-5\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-65203-5_12)
25. Plauborg, F., Mollerup, M., Hansen, S., & Jensen, H. E. (2005). *Comparison of irrigation scheduling strategies for improving water use efficiency in field grown crops*. *Agricultural Water Management*, 75(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.11.002>
26. Gilad, I. (2022). *The first irrigation system with a brain*. <https://israelagri.com/the-first-irrigation-system-with-a-brain/>
27. FAO, 2017. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.



**Figura 1.** Controlador de riego automático de IRRIOT



Figura 2. Sistema de riego automático de NOVAGRIC

Tabla 1. Análisis y evaluación de tipos de Riego

Criterio	Riego por Goteo	Riego por Aspersión	Riego por Superficie
<b>Eficiencia</b>	90-95% (FAO, 2017)	70-85% (FAO, 2017)	50-60% (FAO, 2017)
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrega agua directamente a la zona radicular</li> <li>- Reduce evaporación y escorrentía (FAO, 2017)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribución uniforme en áreas grandes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menores costos iniciales y operativos</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo inicial alto</li> <li>- Requiere mantenimiento constante para evitar obstrucciones (FAO, 2017)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectado por viento y evaporación (FAO, 2017)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta pérdida por evaporación, escorrentía y percolación (FAO, 2017)</li> </ul>
<b>Impacto Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso eficiente del agua</li> <li>- Reduce lixiviación de nutrientes y pesticidas (Schoups et al., 2005)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderado uso eficiente del agua</li> <li>- Moderada reducción de lixiviación (Schoups et al., 2005)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto desperdicio de agua</li> <li>- Alta lixiviación de nutrientes y pesticidas (Schoups et al., 2005)</li> </ul>
<b>Conservación del Suelo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor erosión</li> <li>- Menor salinización (Ghassemi et al., 1995)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderada erosión</li> <li>- Moderada salinización (Ghassemi et al., 1995)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta erosión (Postel, 1999)</li> <li>- Alta salinización (Ghassemi et al., 1995)</li> </ul>
<b>Consumo de Energía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere energía para bombear agua a baja presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere energía para bombear agua a alta presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja demanda de energía</li> </ul>
<b>Costos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto costo inicial</li> <li>- Menores costos operativos a largo plazo (Perry et al., 2009)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderado costo inicial</li> <li>- Moderados costos operativos (Perry et al., 2009)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo costo inicial</li> <li>- Altos costos operativos a largo plazo (Perry et al., 2009)</li> </ul>
<b>Ejemplos de Implementación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Israel (95% eficiencia) (Ministry of Agriculture and Rural Development, Israel, 2021)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usado en grandes campos de cultivo (Narayanamoorthy, 2006)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amplio uso en regiones tradicionales (Narayanamoorthy, 2006)</li> </ul>