



pp. 100– 125

## **Análisis de la eficiencia de redes sensoriales para el cultivo del girasol, caso de estudio: FACIAG UTB**

### **Analysis of the efficiency of sensory networks for sunflower cultivation, case study: FACIAG UTB**

**Fabián Eduardo Alcoser Cantuña**

Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Administración Finanzas e Informática, Ecuador

Autor de correspondencia: [falcoserc@utb.edu.ec](mailto:falcoserc@utb.edu.ec).  
<https://orcid.org/0000-0002-3422-2096>

**Sonia Xiomara Ramos Yáñez**

Investigador independiente, Babahoyo, Ecuador.

[sramos@fafi.utb.edu.ec](mailto:sramos@fafi.utb.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0007-3076-2726>

**Alberto Eduardo Colcha Seilema**

Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Administración Finanzas e Informática, Ecuador.

[acolcha@utb.edu.ec](mailto:acolcha@utb.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6611-2652>

Recepción: 13/02/2025

Aprobación:10/05/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v35n2.a7703>

#### **Resumen**

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia de las redes sensoriales para mejorar el cultivo de girasol en la FACIAG, utilizando sensores PIR HC-SR501, DHT11 y DHT22 para monitorear movimiento, temperatura y humedad. En la parte metodológica se utilizaron las entrevistas a 3 docentes expertos y encuestas a 67 estudiantes de Agronomía. Aplicando métodos de análisis comparativo, encuestas y técnicas cualitativas; los resultados mostraron que el 73.1% de los encuestados considera beneficioso implementar redes sensoriales y el 91% no ve obstáculos por costos; la mayoría (62.7%) opina que la tecnología agrícola optimiza la producción, detecta problemas precoces y mejora decisiones; la conclusión es que la adopción de redes sensoriales en el cultivo de girasol en FACIAG puede incrementar la eficiencia, reducir recursos y mejorar las condiciones de cultivo a largo plazo; beneficios potenciales incluyen mayor precisión en la gestión agrícola,



identificación temprana de plagas y optimización en la utilización de recursos. Lo que brinda significativos beneficios a la Universidad y a sus estudiantes.

**Palabras Clave:** Redes sensoriales, producción de cultivos, girasol, monitoreo, implementación.

### Abstract

The objective of this research was to evaluate the efficiency of sensory networks for improving sunflower cultivation at FACIAG. The study used HC-SR501, DHT11, and DHT22 PIR sensors to monitor movement, temperature, and humidity. The methodological approach involved interviews with three expert professors and surveys with 67 agronomy students. Using comparative analysis methods, surveys, and qualitative techniques, the results showed that 73.1% of respondents considered implementing sensory networks beneficial, and 91% saw no cost obstacles. The majority (62.7%) believed that agricultural technology optimizes production, detects problems early, and improves decision-making. The conclusion is that the adoption of sensory networks in sunflower cultivation at FACIAG can increase efficiency, reduce resources, and improve long-term growing conditions. Potential benefits include greater precision in agricultural management, early pest identification, and optimized resource utilization. This provides significant benefits to the University and its students.

**Keywords:** Sensory networks, crop production, sunflower, monitoring, implementation.

### Introducción

La innovación tecnológica ha transformado los métodos de producción agrícola, impulsando eficiencia y sostenibilidad (Zhang et al., 2021). En particular, el sector agrario ha experimentado avances significativos gracias a tecnologías como las redes de sensores, que permiten monitoreo en tiempo real de variables críticas (Li et al., 2020; García-Sánchez et al., 2019). Estas herramientas optimizan la calidad y cantidad de la producción, reduciendo el uso de recursos naturales (FAO, 2022). En Ecuador, su adopción es incipiente pero prometedora, especialmente en cultivos estratégicos como el girasol (MAGAP, 2023).

En la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG), alumnos y profesores llevan a cabo actividades y proyectos de investigación sobre los cultivos de girasoles. No obstante, estos procedimientos se llevan a cabo manualmente y con una periodicidad reducida, lo que eleva el peligro de perder información crucial para la toma de decisiones acertadas. Por esta causa, se plantea un proyecto para estudiar el uso de redes sensoriales para supervisar el cultivo del girasol en la FACIAG. (Alreshidi, 2019).



El propósito de este proyecto es establecer un sistema que facilite el control en tiempo real de varios elementos del cultivo de girasoles, tales como la producción, las condiciones climáticas y otros factores importantes. Esta herramienta se fundamentará en la tecnología de Arduino y brindará acceso a los datos obtenidos mediante una página web.

La metodología de esta investigación es una técnica cualitativa, con el fin de recolectar información precisa sobre un tema en particular, la aplicación de sensores en el cultivo de girasoles para valorar sus ventajas y desventajas. Llegando a concluir que es necesario realizar una inversión inicial, pero que con el tiempo los beneficios que se obtendrán serán muy significativos. Como el ahorro en riego, detección temprana de plagas que optimizará el cultivo de girasoles para de esta manera obtener una cosecha con la menor pérdida posible de los girasoles.

En resumen, este análisis se centra en examinar el uso de redes de sensores para supervisar el cultivo de girasoles en la FACIAG. Se anticipa que los resultados lograrán optimizar la producción y los procesos de decisiones fundamentadas dentro de la comunidad académica.

Las redes de sensores inalámbricos (WSN) han revolucionado la agricultura de precisión al permitir la recolección automatizada de datos ambientales (Kamble et al., 2021). Estudios recientes demuestran su eficacia en cultivos como el girasol, donde reducen hasta un 30% el consumo de agua mediante riego optimizado (Pérez-Ruiz et al., 2022). Además, su integración con plataformas IoT mejora la detección temprana de plagas (Ojha et al., 2020), un desafío crítico en la FACIAG.

En una investigación llevada a cabo por (González-Briones, 2018, pág. 12), se estableció un sistema de sensores para observar los cultivos de girasoles en Castilla y León, España. Los hallazgos indicaron que el sistema de sensores permitió una administración más eficaz de los cultivos, resultando en una mejora tanto en la calidad y la cantidad de la cosecha. En una investigación adicional llevada a cabo por (Beltrán, 2019, págs. 25, 34 - 39) se estableció un sistema de sensores en un campo de girasoles en Argentina. Este sistema fue creado para

monitorear la humedad del suelo y la temperatura ambiental en tiempo real. Los hallazgos indicaron que el sistema de sensores permitió una gestión de riego más eficaz, lo cual resultó en un menor uso de agua y un incremento en la producción.

De la misma manera, en una investigación llevada a cabo por (Wang, 2019, págs. 157, 315 - 329), se desarrolló una red de dispositivos de medición para observar el desarrollo y el bienestar de los girasoles en China. Los dispositivos fueron colocados en diversas secciones de la planta y se registraron aspectos como la estatura, el ancho de la hoja y la clorofila. Los hallazgos indicaron que la red de dispositivos permitió un control más exacto de los cultivos, resultando en un aumento en la calidad y volumen de la producción.

El enfoque para implementar redes de sensores en la agricultura incluye elegir variables, colocar sensores, la recopilación y el análisis de datos. Proporcionando retroalimentación constante para optimizar el sistema, la administración de las cosechas, lo que conlleva un aumento en la calidad y volumen de la producción. La recolección de datos mediante la automatización en la agricultura aspira a estar presente en cada fase del crecimiento de los cultivos, ya sea en el exterior o en invernaderos. (al, 2023).

### **Girasol**

Es una hierba de la familia de las asteráceas, cuyo nombre científico es *helianthus annuus*. Se distingue por sus flores de color amarillo, sus frutos que se pueden comer, sus tallos firmes y derechos. (Garg et al, 2021). El girasol proviene de América del Norte y se cultiva en numerosos países a nivel mundial, entre ellos Ecuador. En nuestro país, el cultivo de girasol se encuentra principalmente en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Loja y Pichincha.

El girasol tiene múltiples aplicaciones, desde la elaboración de aceite para consumo humano, la alimentación de animales y fabricación de biocombustibles. En el Ecuador, en la industria alimentaria tiene su mayor aplicabilidad pues se obtiene aceite comestible. El girasol es una planta de un solo año pertenece a la familia de



las Compositae, específicamente conocida como *helianthus annuus*. Su flor tiene una particularidad, puesto que se dirige hacia el sol.

#### Características del girasol

El girasol es una hierba que puede crecer hasta 3 metros de altura. Sus flores, que tienen un diseño estrellado, tienen un máximo de 20 pétalos que son amarillos, naranjas o anaranjados, es valioso por sus semillas oleaginosas llenas de nutrientes como grasas saludables, proteínas, calcio, hierro y ácidos grasos esenciales. Asimismo, las hojas del girasol son amplias y en forma de mano, con bordes serrados y raíces profundas, alcanzando hasta 3 metros bajo tierra. A pesar de ser especies de ciclo anual, ciertas variedades de girasoles pueden perdurar entre dos y tres años.

#### Ciclo de vida del girasol

El desarrollo se compone de siete fases diferentes. Inicia con la germinación de las semillas, las cuales generan una raíz principal y una hoja cotiledonaria. Posteriormente, el tallo junto a las hojas verdaderas comenzará a surgir del suelo. En las primeras semanas, el girasol seguirá su crecimiento, entre las 6 y 8 semanas, empezará a florecer. La etapa de maduración del girasol se presenta entre las 9 y 12 semanas y está listo para ser cosechado. Después, los girasoles se cuelgan para secarse y se guardan para la próxima temporada de siembra. Este ciclo completo abarca cerca de 12 a 15 semanas, dependiendo de la variedad de girasol.

En los sembrados de girasoles hay insectos y enfermedades que, mediante redes de sensores, buscamos que este inconveniente para las cosechas se reduzca de la forma más significativa posible.

#### Principales plagas y enfermedades en los cultivos del girasol



Gusano de alambre (Coleoptera: Elateridae): Las larvas de gusano de alambre pertenecen al orden Coleoptera, familia Elateridae, conocidos en su etapa adulta como "salta pericos". (Macarena, 2017, págs. 5 - 6). Los síntomas más comunes incluyen un ralentizamiento en el crecimiento, un amarillamiento en las hojas y la deshidratación de las plantas. (Sánchez, 2019, págs. 234 - 243).

Gusanos Blancos (Coleoptera: Scarabeidae): Las larvas blancas son insectos en su fase de desarrollo que pertenecen al grupo Coleoptera, específicamente a la familia Scarabeidae, afectan las cosechas de girasol durante el tiempo que transcurre desde la germinación hasta aproximadamente 15-20 días después. Existe un debilitamiento, deshidratación del girasol y retraso en el crecimiento. (Macarena, 2017, págs. 5 - 6).

Podredumbre húmeda (*Sclerotinia Sclerotium*): Esta patología prospera en ambientes húmedos, causando descomposición en la parte inferior del tallo lo que resulta incluso en la muerte de la planta. Los nutrientes no logran alcanzar las partes superiores del girasol, ocasionando su marchitez. La podredumbre húmeda puede presentarse en cualquier fase fenológica del cultivo. (Agromatica, 2016, pág. 9).

Esclerotinia (cabeza), putrefacción/marchitamiento (*Sclerotinia sclerotiorum*) y moho blanco: Estos hongos son considerados los agentes patógenos más ubicuos y destructivos que afectan al girasol. El signo más habitual es la aparición de manchas (blandas, adhesivas y de color marrón) en la parte trasera de la cabeza. La infestación puede presentarse en cualquier etapa, pero resulta especialmente dañina durante la fase de floración.

Roya: Los signos de esta patología se manifiestan en las hojas, donde surgen manchas necróticas de tonalidades rojizas o negras. Sus condiciones óptimas para desarrollarse se dan entre 18°C y 25°C en climas cálidos. Presencia de hongos en la parte aérea de la planta, incluyendo hojas, tallo, frutos y flores. La proliferación de estos hongos es el resultado de un exceso de agua, humedad y/o calor. (Agro, 2022, pág. 5).

Sensores



Un sensor constituye un equipo electrónico, mecánico o electromecánico que identifica y cuantifica una propiedad física, reaccionando a una salida. Este dispositivo transforma un fenómeno físico en un voltaje que puede medirse de manera analógica para su posterior análisis o procesamiento. Los sensores están siendo aplicados en diversas actividades cotidianas. (Smith, 2020, pág. 3).

**Tabla 1**  
*Tipos de Sensores*

TIPOS DE SENSORES	PRECIOS POR UNIDAD
Sensor de temperatura	Desde \$2 a \$20
Sensor de humedad	Desde \$5 a \$25
Sensor de luz	Desde \$5 a \$20
Sensor de movimiento	Desde \$5 a \$50
Sensor de presión	Desde \$10 a \$50
Sensor de nivel	Desde \$10 a \$100
Sensor de gas	Desde \$20 a \$200
Sensor de sonido	Desde \$20 a \$100
Sensor de imagen	Desde \$50 a \$500

**Tabla 2**  
*Ventajas y Desventajas de los sensores en la agricultura*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Eficiencia en el uso de recursos:</b> Los sensores permiten medir y controlar con precisión las necesidades de agua y nutrientes, lo que ayuda a reducir el uso excesivo de recursos.	<b>Costos iniciales:</b> La implementación de tecnología de sensores puede ser costosa, especialmente para los agricultores más pequeños, lo que puede limitar su adopción.
<b>Detección temprana de problemas:</b> Los sensores pueden detectar problemas en los cultivos antes de que sean visibles a simple vista, lo que permite tomar medidas preventivas o correctivas de manera oportuna.	<b>Requiere conocimientos técnicos:</b> La implementación y el mantenimiento de sensores requiere un conocimiento técnico específico, se debe capacitar a los agricultores.
<b>Aumento del rendimiento y la calidad:</b> El uso de sensores puede ayudar a optimizar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, lo que puede resultar en un mayor rendimiento y calidad de los cultivos.	<b>Limitaciones de datos:</b> Los datos recopilados por los sensores pueden ser limitados debido a la ubicación y el tipo de sensor, lo que puede limitar su utilidad en la toma de decisiones

<b>Ahorro de tiempo y costos:</b> La implementación de sensores automatizados puede reducir el tiempo y los costos asociados con la toma manual de lecturas y detección.	<b>Dependencia de la tecnología:</b> Puede limitar su capacidad para tomar decisiones basadas en la experiencia y el conocimiento práctico.
--	---

**Tabla 3**
*Tipos de sensores de humedad y temperatura para arduino*

Sensor	Rango de temperatura	Rango de humedad	Precisión de temperatura	Precisión de humedad	Tiempo de respuesta	Voltaje de operación	Precio aproximado
<b>DHT11</b>	0°C a 50°C	20% a 80% HR	±2°C	±5 % HR	2s	3-5 V CC	\$2 - \$5
<b>DHT22</b>	-40°C a 125°C	0% a 100% HR	±0,5 °C	±2-5% HR	2s	3-5 V CC	\$5 - \$10
<b>AM2302</b>	-40°C a 80°C	0% a 99,9% HR	±0,5 °C	±2% HR	2s	3-5 V CC	\$8 - \$15
<b>SHT10</b>	-40°C a 123.8°C	0% a 100% HR	±0,5 °C	±3,5 % HR	2s	2,4-5,5 V CC	\$20 - \$30
<b>SHT20</b>	-40°C a 123.8°C	0% a 100% HR	±0.3°C	±2% HR	2s	2,4-5,5 V CC	\$10 - \$20

**Tabla 4**
*Sensores elegidos en este análisis*

Sensor detección de movimiento	Sensor de medición temperatura/humedad	Sensor de medición temperatura/humedad
<b>PIR HC-SR501</b>	<b>DHT11</b>	<b>DHT22</b>
Voltaje de alimentación: de 5 a 12 VDC	Barato	Barato
Rango de distancia de 3 a 7 metros ajustable	Funciona con 3,3 y 5V de alimentación	Funciona con 3,3 y %V de alimentación
Salida de alarma de movimiento con ajuste de tiempo entre 3 segundos a 5 minutos	Rango de temperatura: de 0° a 50° con 5% de precisión (pero solo mide por grados, no fracciones)	Rango de temperatura: de -40° a 125° ±0.5°C
Temperatura de operación: -15° a +70° C	Rango de humedad: de 20% al 80% con 5% de precisión	Rango de humedad: de 0% al 100% con 5% de precisión
Tiempo de salida inactiva	Bajo consumo	Lee 2 veces por segundo





Considerando las características y el costo de cada sensor, es posible calcular un estimado del gasto de implementación acorde a los requisitos. Es fundamental recordar que el gasto de implementación no se basa únicamente en los sensores seleccionados, sino también en otros elementos indispensables como la placa Arduino, los cables, las resistencias, entre otros.

### **Arduino 1**

Arduino es un sistema de desarrollo de electrónica de código abierto, que se fundamenta en hardware y software libre. Esta plataforma permite diversas clases de microcontroladores y se puede asignar variadas aplicaciones. (Fernandez, 2022, pág. 7). El microcontrolador de Arduino tiene una conexión de entrada conocida, donde se pueden integrar diversos periféricos en la placa. Los datos de estos dispositivos serán enviados al microcontrolador, que se encargará de analizar estos datos. (Fernandez, 2022, pág. 8).

### **Historia**

Arduino comenzó como una iniciativa de alumnos de la escuela IVREA en Italia. El colombiano Hernando Barragán participó en este proyecto y sugirió como su trabajo de graduación la plataforma de programación wiring, utilizada para programar el microcontrolador (Halley, 2014, pág. 2).

### **Componentes de Arduino1**

Los componentes de la placa de Arduino1 son: Pines digitales, pines analógicos, pines alimentación sensores, microcontrolador de comunicaciones, microcontrolador de programación, botón reset, puerto USB y conector de alimentación.

Tipos de plagas con su Tipo de sensor



Para monitorear y detectar las plagas de los gusanos de alambre y los gusanos blancos, vamos a utilizar el sensor PIR HC-SR501.

#### PIR HC-SR501

Los sensores pasivos de infrarrojos, conocidos como PIR, son herramientas utilizadas para identificar movimiento. El modelo HC-SR501 de este tipo de módulo es asequible, compacto, consume poca energía y es sencillo de manejar. Los sensores HC-SR501 se fundamentan en la detección de radiación infrarroja. Todos los objetos, emiten una cantidad de energía infrarroja que aumenta con la temperatura. Los dispositivos HC-SR501 cuentan con un sensor piroeléctrico que puede captar dicha radiación y transformar esta señal en electricidad. (Llamas, 2015, pág. 2).

Sus definiciones técnicas más relevantes son:

Usa el PIR LHI778 y el controlador BISS0001

Voltaje de alimentación: de 5 a 12 VDC

Consumo promedio: 1 miliamperio

Rango de distancia de 3 a 7 metros ajustable

Angulo de detección: cono de 110°

Ajustes: 2 potenciómetros para ajuste de detección y tiempo de alarma activa  
Jumper para configurar la alarma en modo mono-disparo o disparo repetitivo

Salida de alarma de movimiento con ajuste entre 3 segundos a 5 minutos  
Salida de alarma activa Vo con nivel alto de 3.3 volts y 5 mA, lista para conexión de un led, o un transistor, etc.

Tiempo de inicialización: después de alimentar el módulo HC-SR05, debe transcurrir 1 minuto antes de que inicie su operación normal.

Tiempo de salida inactiva: cada vez que la salida pase de activa a inactiva, permanecerá en ese estado los siguientes 3 segundos.

Temperatura de operación: -15° a +70° C

Dimensiones: 3.2 x 2.4 x 1.8 cm. (Roldán, 2019, pág. 4).



Para las enfermedades del girasol como son la podredumbre húmeda, la esclerotinia, y la roya utilizaremos los sensores de temperatura y humedad.

### **Sensores de temperatura y humedad DHT11 y DHT22**

En numerosas ocasiones, pues la humedad relativa también representa un aspecto esencial que considerar. Por esta razón, se crearon los sensores de la serie DHT. Estos dispositivos nos ofrecen de manera digital tanto la temperatura como la humedad, con variados niveles de precisión dependiendo del modelo.

Básicamente hay dos variantes DHT11 y DHT22

#### **Las características del DHT11 son:**

Barato

Funciona con 3,3 y 5V de alimentación

Rango de temperatura: de 0° a 50° con 5% de precisión

Rango de humedad: de 20% al 80% con 5% de precisión

1 muestra por segundo (No es el más rápido del oeste)

Bajo consumo

Devuelve la medida en grados centígrados (°C).

#### **En cuanto al DHT22:**

Barato

Funciona con 3,3 y 5V de alimentación

Rango de temperatura: de -40° a 125° ±0.5°C

Rango de humedad: de 0% al 100% con 5% de precisión

Lee 2 veces por segundo

Bajo consumo

Devuelve en grados centígrados (°C).

En lo que respecta a cómo unir y configurar ambos sensores, la metodología es idéntica. Es importante mencionar que el circuito integrado incluye componentes



electrónicos que realizan la conversión de temperatura y humedad de manera interna, proporcionándonos una lectura digital. (Onmiblu, 2024, pág. 11)

### **Servidor web Arduino**

Arduino es un sistema de hardware y software de acceso libre que se utiliza para desarrollar proyectos interactivos. Facilita la creación de una página web donde es posible supervisar en tiempo real los datos obtenidos. Los sensores transmitirán datos al router, el cual a su vez enviará la información al servidor. El mismo mostrará los datos en una página web que previamente tendrá una dirección IP asignada. Además, utilizando CSS, podemos embellecer el diseño de nuestro sitio web para que sea más atractivo y fácil de usar.

### **Costo estimativo de la implementación del proyecto**

#### **Costo de los sensores:**

- Sensor de detección de movimiento PIR HC-SR501: alrededor de \$5 por unidad.
- Sensor de medición de temperatura/humedad DHT11: alrededor de \$3 por unidad.
- Sensor de medición de temperatura/humedad DHT22: alrededor de \$10 por unidad.

#### **Costo de otros componentes electrónicos y de hardware:**

- Placas Arduino para conectar los sensores y procesar los datos: aproximadamente \$20 por unidad.
- Cables, resistencias, y otros componentes electrónicos necesarios: aproximadamente \$20.
- Baterías o fuentes de alimentación para los dispositivos de monitoreo: alrededor de \$50.
- Dispositivos de comunicación inalámbrica (por ejemplo, módulos Wi-Fi o LoRa) para transmitir datos desde los sensores al servidor: aproximadamente \$10 por unidad.

#### **Costo del servidor y software:**



- Servidor web o plataforma en la nube para almacenar y analizar los datos recopilados: pago estimado entre \$10 y \$50 al mes.
- Desarrollo y configuración del software necesario para procesar, analizar y visualizar los datos: esto podría variar según la complejidad del software y si se utiliza software de código abierto o personalizado. Podría oscilar entre \$500 y \$700.

#### **Costo de instalación y mantenimiento:**

- Mano de obra para la instalación y configuración de los dispositivos de monitoreo y sistemas de comunicación: aproximadamente \$500 - \$600.
- Costos de mantenimiento y reemplazo de componentes dañados o desgastados: pagos entre \$100 y \$200 al año.

Algunos gastos son periódicos (como el hosting web o el almacenamiento en la nube) y otros constituyen gastos iniciales (como la adquisición de sensores y diversos componentes electrónicos). En conjunto, se tendría un gasto inicial entre \$1,600 y \$2,200, con gastos anuales que rondan de \$100 a \$200.

#### **Análisis costo-beneficio**

Se presentará un análisis de costo-beneficio simplificado para la implementación de redes sensoriales en los cultivos de girasoles de la FACIAG:

##### **Costos:**

- Costo inicial de implementación: \$1,600 - \$2200 (como se estimó en el análisis anterior)
- Costos recurrentes anuales: \$100 - \$200 (como se estimó en el análisis anterior)

##### **Beneficios:**

- **Reducción del uso excesivo de recursos:** La implementación de sensores permite un monitoreo de factores: la temperatura, humedad y el movimiento. Se tendría un uso más eficiente de recursos como agua, fertilizantes y pesticidas, lo que a su vez podría reducir los costos de producción.



- **Detección temprana de problemas en los cultivos:** Los sensores detectan problemas en los cultivos antes de que sean visibles a simple vista. Esto permite una intervención temprana y podría reducir las pérdidas de producción.
- **Optimización del crecimiento y desarrollo de los cultivos:** El monitoreo en tiempo real de las condiciones del cultivo puede ayudar a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre el manejo del cultivo.
- **Mejora de la toma de decisiones y planificación:** El acceso a datos precisos y en tiempo real facilita la toma de decisiones informadas y permite una mejor planificación a corto y largo plazo en la producción de cultivos.

#### **Desglose de beneficios**

La extensión de las siembras de girasoles en la FACIAG es de 70 m<sup>2</sup>, se requieren 35 metros cúbicos de agua cada semana (con un promedio que oscila entre 26 y 40 metros cúbicos). El precio promedio del agua es de 0. 67 dólares por m<sup>3</sup>, lo que conlleva un gasto semanal de 23. 45 dólares (35 por 0. 67) para el riego. Si la introducción de sensores provoca una disminución del 20% en el consumo de agua, esto significaría un ahorro de 4. 69 dólares semanalmente (23. 45 por 0. 2). En el transcurso de un año (52 semanas), esto generaría un ahorro total de 243. 88 dólares en gastos de agua.

Si asumimos que se pierde un girasol en promedio por metro cuadrado. Para un espacio de 70 metros cuadrados, esto se traduce en 70 girasoles perdidos en total. Si consideramos que cada girasol tiene un costo de 0. 80 dólares, esto conlleva a una pérdida de 56 dólares por cada cosecha. La introducción de redes de sensores podría disminuir las pérdidas en un 10%, lo que significaría un ahorro de 5. 60 dólares por cosecha. Así, el ahorro total anual por pérdidas en la producción sería de 22. 40 dólares (5. 60 multiplicado por 4).

En los primeros 40 días, se utilizan insecticidas y pesticidas cada semana, lo que se traduce en un total de 6 aplicaciones (40 días dividido por 7 días es igual a 5. 71, que se redondea a 6). El precio de los insecticidas y pesticidas es de \$1. 50 por metro cuadrado, y el área cultivada abarca 70 metros cuadrados. Así, el costo



por cada aplicación asciende a \$105 (1. 50 multiplicado por 70). En total, durante los primeros 40 días, el gasto por insecticidas y pesticidas suma \$630 (6 aplicaciones por \$105 cada una). Tras los 40 días, se aplican insecticidas y pesticidas entre una y dos veces al mes si surge una plaga. Consideremos un promedio de 1. 5 aplicaciones mensuales. Con la duración del ciclo de cultivo de 4 meses, esto da un total de 6 aplicaciones adicionales (1. 5 multiplicado por 4). El costo de estas aplicaciones adicionales sería de \$630 (6 aplicaciones por \$105 cada una).

El gasto total en pesticidas e insecticidas durante un ciclo agrícola es de \$1,260 (\$630 más \$630). Asumiendo que se realizan 4 cosechas anualmente, el gasto anual en insecticidas y pesticidas asciende a \$5,040 (\$1,260 multiplicado por 4). Si la utilización de redes de sensores permite disminuir el consumo de insecticidas y pesticidas en un 20%, esto implicaría un ahorro anual de \$1,008 (\$5,040 multiplicado por 0. 2). El ahorro total anual calculado es de \$243. 88 (agua) más \$22. 40 (producción) más \$1,008 (insecticidas y pesticidas), que equivale a \$1,274. 28.

Con estas cifras, el costo proyectado para llevar a cabo el proyecto oscilaría entre \$1,600 y \$2,200, y los gastos anuales recurrentes variarían entre \$100 y \$200. Si se considera un ahorro anual total estimado de \$1,274. 28, el proyecto podría ofrecer suficientes ventajas para recuperar los gastos iniciales en un período de alrededor de 1. 3 a 1. 7 años, según los números proyectados. Ahora se detallará en una tabla los valores obtenidos con el beneficio anual.



**Tabla 5.**  
*Aproximación de Costo – Beneficio del Proyecto*

CONCEPTO	COSTO/BENEFICIO (\$)
<b>COSTOS</b>	
Costo de implementación del proyecto	1,600 - 2,200
Costos recurrentes anuales	100 – 200
<b>AHORROS</b>	
Ahorro en costos de agua (anual)	243.88
Ahorro en pérdidas de producción (anual)	22.40
Ahorro en costos de insecticidas y pesticidas (anual)	1,008
Ahorro total anual estimado	1,274.28
<b>BENEFICIO</b>	
Beneficio neto anual estimado	1,074.28 - 1,174.28

Suficientes ganancias para amortizar los gastos iniciales de puesta en marcha, que oscilan entre \$1,600 y \$2,200, en un tiempo aproximado de 1.3 a 1.7 años, dependiendo del análisis de datos. Este breve tiempo de retorno sobre la inversión indica que el plan es económicamente sostenible. Además de las ventajas financieras, el plan también podría proporcionar beneficios ecológicos y operativos al disminuir el uso de agua y reducir la aplicación de pesticidas e insecticidas en los cultivos de girasoles.

#### **Materiales y Métodos:**

El presente estudio se fundamenta en métodos de nivel teórico, empírico, síntesis y análisis comparativo. Se realiza un análisis comparativo con otros estudios similares y cuáles fueron los resultados alcanzados. Finalmente, se realizó un estudio empírico evaluando la opinión de los docentes y los estudiantes de la FACIAG, sobre la aplicación de las redes sensoriales para analizar su problemática, sus mejoras con la aplicación de tecnología y como mejoraría en el proceso enseñanza aprendizaje. (Spachos, 2020)



Para los docentes se realizó una entrevista a 3 docentes especialista en el cultivo del girasol y para la encuesta se aplicó a 67 estudiantes de quinto y sexto semestre de la carrera de Agronomía de la facultad FACIAG, de la Universidad Técnica de Babahoyo.

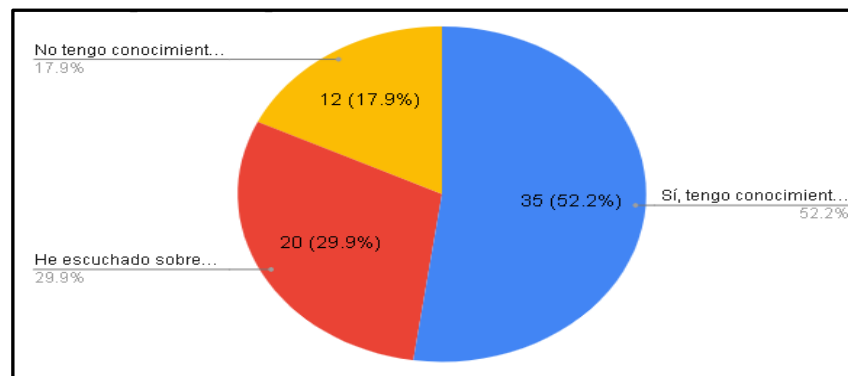
### Determinación de la población y muestra

Para garantizar los resultados y como la población es relativamente pequeña se optó por encuestar a toda la población garantizar la fidelidad de la información. De la misma manera, se procedió a entrevistar a los 3 docentes a fines en la materia.

### Resultados

Como se observa en la figura 1, la mayoría de los encuestados (52.2%) tienen conocimientos sobre la implementación de tecnología en la agricultura, mientras que (29.9%) han escuchado sobre el tema y el (17.9%) no tienen conocimiento al respecto. Esto indica que hay un nivel general de conciencia sobre el aprendizaje de nuevas tecnologías en la agricultura entre los estudiantes.

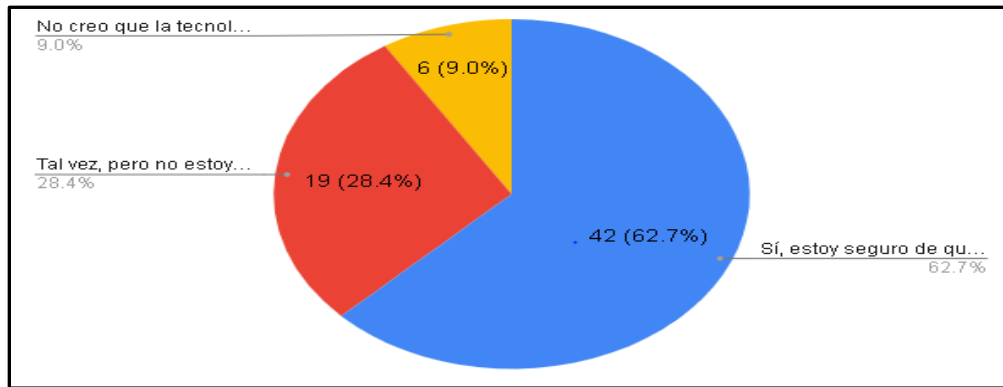
**Figura 1.**  
*Implementación de tecnología en la agricultura*



Observamos en la figura 2 estadístico, que la mayoría de los encuestados (62.7%) piensan que la tecnología en la agricultura mejoraría los procesos de producción, mientras que (28.4%) no están seguros de cómo podría ayudar y solo (9%) piensan que la tecnología no puede mejorar los procesos de producción. Esto sugiere que los estudiantes tienen una actitud positiva hacia la aplicación de la tecnología en la agricultura.

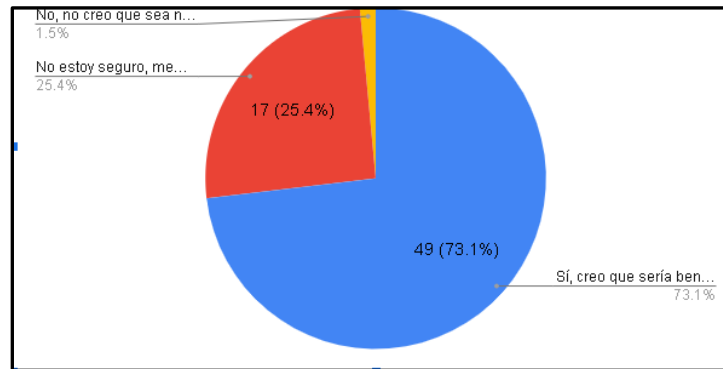
**Figura 2.**

*La tecnología en la agricultura mejoraría los procesos de producción*



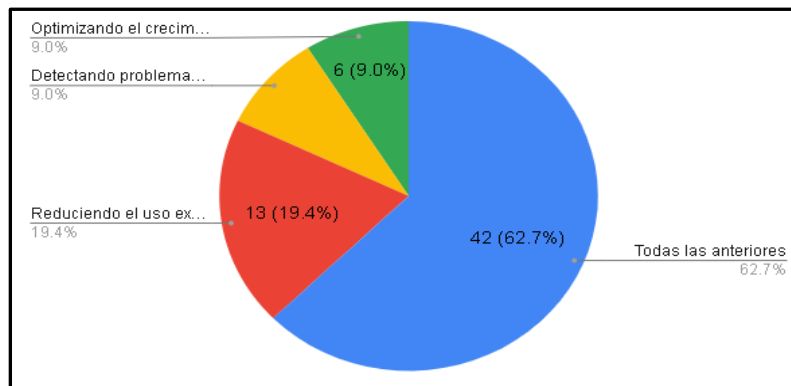
Podemos observar en la figura 3, que la gran mayoría de encuestados (73.1%) afirma que sería beneficioso implementar redes sensoriales en la producción de cultivos en la FACIAG, (25.4%) no están seguros y solo (1.5%) no cree que sea necesario. Esta información nos indica un significativo interés en la implementación de redes sensoriales en la producción de cultivos.

**Figura 3**  
*Redes sensoriales en la producción de cultivos en la FACIAG*



En la Figura 4, la mayoría de los encuestados (62.7%) afirman que la implementación de redes sensoriales mejoraría la producción de cultivos en todos los aspectos mencionados: Un porcentaje menos significativo de estudiantes eligieron solo las otras 2 opciones. Por lo tanto, los estudiantes señalan que las redes sensoriales pueden mejorar múltiples aspectos de la producción de cultivos.

**Figura 4.**  
*La implementación de redes sensoriales mejoraría la producción de cultivos*

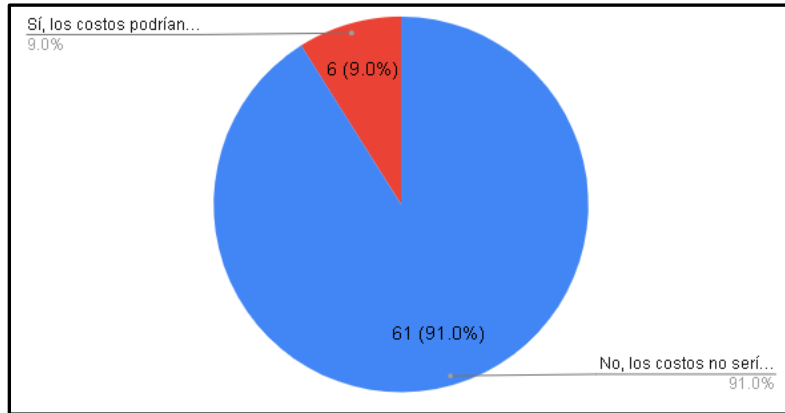


En la siguiente figura 5, podemos verificar que el (91%) afirma que los costos no serán un problema para la adopción de los sensores, mientras que solo el (9%) consideran que los costos podrían ser una barrera. Esto confirma que los

estudiantes consideran que los costos no serán una limitante para implementar la tecnología de sensores en la agricultura.

**Figura 5.**

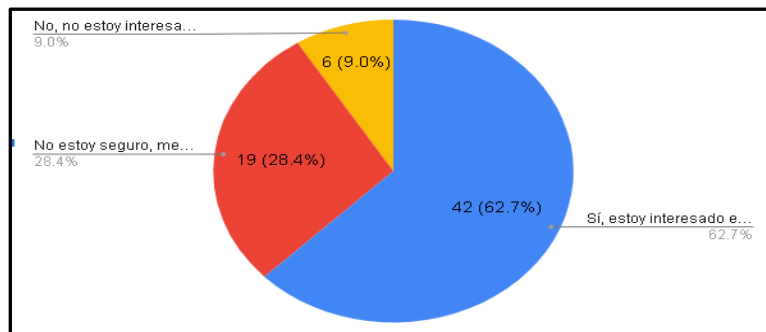
*Los costos de la tecnología de sensores podrían limitar su adopción*



Según la figura 6, podemos indicar que el (62.7%) están interesados en aprender más sobre la implementación de tecnología de sensores, mientras que (28.4%) no están seguros y solo (9%) no están interesados en aprender más sobre esto. Esto indica que hay un interés general en adquirir más conocimientos sobre la tecnología de sensores en la agricultura entre los estudiantes.

**Figura 6.**

*Aprendizaje sobre la tecnología de sensores en la agricultura*





## **ENTREVISTA DIRIGIDA A LOS DOCENTES DE LA FACIAG**

### **¿Qué tan eficiente es el proceso de desarrollo de los girasoles en la FACIAG?**

El proceso de desarrollo de los girasoles en la FACIAG no es tan eficiente, existen muchas áreas por mejorar como el monitoreo, control de plagas, riego y la toma de decisiones basada en un análisis de datos.

### **¿Conoce usted acerca de la implementación de la tecnología en la agricultura?**

Sí, estoy al tanto de varias tecnologías que se están implementando en la agricultura, como el uso de drones, sistemas de riego automatizados y por supuesto, redes sensoriales.

### **¿Cree usted que la tecnología en la agricultura favorecería mucho en todos los aspectos sobre los cultivos?**

La tecnología en la agricultura tendría un impacto significativo en muchos aspectos, la eficiencia del uso de recursos, la detección temprana de problemas, la mejora del riego, la optimización del crecimiento y desarrollo de los cultivos.

### **¿Con que frecuencia realizan el monitoreo de estos cultivos?**

El monitoreo de los cultivos de girasoles se realiza 3 veces, de lunes a viernes, pero sería ideal contar con un monitoreo continuo y en tiempo real, lo que permitiría tomar decisiones más rápidas y eficientes.

### **¿Le gustaría que se automatice todo el proceso de monitoreo con la utilización de redes sensoriales en los cultivos de girasoles?**

Sí, la automatización del proceso de monitoreo a través de redes sensoriales podría mejorar significativamente la eficiencia y precisión del monitoreo, lo que a su vez podría tener un impacto positivo en la producción y la calidad de los girasoles.

### **¿Usted cree que se mejoraría la toma de decisiones en cuanto a la producción y climatización de los cultivos de girasoles gracias a las redes sensoriales?**

Sí, las redes sensoriales pueden proporcionar datos precisos y en tiempo real sobre las condiciones de los cultivos, lo que podría mejorar la toma de decisiones en cuanto a la producción y el manejo de los cultivos de girasoles.



### **¿Considera que la implementación de estas redes en otros cultivos de la FACIAG podría ser beneficiosa? ¿Por qué?**

Sí, creo que la implementación de redes sensoriales en otros cultivos de la FACIAG también podría ser beneficiosa. Al igual que con los cultivos de girasoles, pueden mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la detección de problemas, la optimización del crecimiento y desarrollo de los cultivos.

#### **Discusión:**

La gran parte de los involucrados posee una comprensión elemental acerca de la aplicación de tecnología en el sector agrícola, opinan que el método de producción de girasoles en la FACIAG es efectivo, aunque tiene un margen de perfeccionamiento.

Los involucrados opinan que la tecnología agrícola, en particular las redes de sensores, tendría un efecto beneficioso en las cosechas y podría optimizar los métodos de producción. Adicionalmente, comprenden el significado del seguimiento de las cosechas y aprecian el beneficio de hacer este procedimiento automático a través de la adopción de redes de sensores.

El 73% de los encuestados muestra interés en la adopción de redes de sensores para la agricultura en la FACIAG, piensan que esta acción podría optimizar la forma en que se toman decisiones sobre el cultivo y el control climático de los girasoles.

Se considera que las redes de sensores pueden aumentar la producción agrícola al disminuir el gasto innecesario de recursos, identificar precozmente las dificultades en las plantas, maximizar el crecimiento y progreso de los cultivos. Casi la totalidad de los encuestados, un 91%, no ve los gastos como una barrera significativa para la adopción de tecnología de sensores, pues la inversión inicial realizada superaría luego por la producción que se obtendría.

Existe un interés amplio en conocer más sobre el uso de tecnología de sensores en la agricultura, su capacidad para optimizar la producción, el



seguimiento de los cultivos para evitar los errores, plagas que afectan el cultivo y siembra del girasol.

En resumen, las charlas y los sondeos manifiestan un clima propicio para la adopción de redes de sensores en el cultivo agrícola en la FACIAG. Los hallazgos indican que la mayoría de los profesores y alumnos piensan que estas redes pueden optimizar los métodos de producción y el seguimiento de los cultivos, mostrando interés en profundizar sobre esta tecnología y su capacidad en el sector agrícola.

### **Conclusiones**

- La aplicación de sistemas de sensores en el campo agrícola puede incrementar notablemente la efectividad en la producción y vigilancia de los cultivos, lo que resulta en un aumento tanto en la cantidad como en la calidad de los girasoles en la FACIAG.
- La gran parte de los educadores y alumnos de la carrera de Agronomía en la FACIAG son conscientes de las oportunidades que brinda la tecnología en el ámbito agrícola y desean profundizar en el uso de redes de sensores para mejorar la producción agrícola.
- Las entrevistas y encuestas llevadas a cabo con los profesores y alumnos de la FACIAG indican que existe un entorno propicio para el uso de redes sensoriales en el cultivo agrícola. Además, evidencian que muchas de las personas encuestadas no piensan que los gastos sean una barrera significativa para su incorporación.
- La automatización de sistemas de sensores para el seguimiento agrícola puede optimizar la gestión de la producción y el control climático de los cultivos de girasoles, lo que lleva a un aprovechamiento más eficiente de los recursos y a una identificación rápida de inconvenientes en los cultivos.
- Mediante el análisis costo-beneficio, se determina que la evaluación para la adopción de redes sensoriales en los cultivos de girasoles en la FACIAG es factible. Estas ventajas abarcan una mejora en la utilización de recursos como agua



y pesticidas, así como la disminución de pérdidas en la cosecha de girasoles. La implementación total aproximada es de \$2,600. Se proyecta que el ahorro será de alrededor de \$3,000 anuales en gastos de agua y pesticidas, además de un avance en la producción de girasoles. El beneficio neto, que se calcula se estima en aproximadamente \$400 durante el primer año.

- La adopción de redes de sensores en los sembrados de girasoles en la FACIAG podría ser un modelo eficaz para el uso de esta tecnología en otros tipos de cultivos y situaciones agrícolas en el futuro.

En síntesis, el estudio sobre la aplicación de redes sensoriales en el cultivo de girasoles en la FACIAG representa una opción factible y provechosa desde una perspectiva técnica y económica. Su integración podría elevar notablemente la eficacia en el cultivo y la supervisión, generando ventajas sostenibles a futuro para la institución y sus alumnos.

### Referencias Bibliográficas:

- Agro, T. (16 de 02 de 2022). *Todo Agro*. Obtenido de <https://www.todoagro.com.ar/plagas-y-enfermedades-del-girasol-cuales-son-y-como-prevenir-las/>
- Agrocalidad. (2017). Cultivo de girasol.
- Agromatica. (2016). Enfermedades del cultivo de girasol. En Agromatica, *Cultivo de girasol* (pág. 9).
- Alreshidi, E. (2019). Smart sustainable agriculture (SSA) solution underpinned by Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(6), 1-8. DOI: 10.14569/IJACSA.2019.0100601
- Bassine, F. Z., Epule, T. E., Kechchour, A., & Chehbouni, A. (2023).
- Recent applications of machine learning, remote sensing, and IoT approaches in yield prediction: A critical review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 204, 107462. DOI: 10.1016/j.compag.2023.107462





- Beltrán, J. E. (2019). Desarrollo de un sistema de monitoreo de humedad en suelo agrícola utilizando sensores IoT. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 25, 34-39. doi:<https://doi.org/10.3390/s19163556>.
- Bolaños, P. (s.f. de s.f. de s.f.). *SENSORES DE TEMPERATURA DHT11*. Obtenido de <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/sensorTemyHumeda.pdf>
- FAO. (2022). The State of Food and Agriculture: Leveraging automation for resilient agrifood systems. <http://www.fao.org/3/cb9479en/cb9479en.pdf>
- Fernandez, Y. (23 de Septiembre de 2022). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno.
- Garg, S., Pundir, P., Jindal, H., Saini, H., & Garg, S. (2021). Towards a multimodal system for precision agriculture using IoT and machine learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(7), 1-7. DOI: 10.14569/IJACSA.2021.0120701
- García-Sánchez, F., Martínez-Santos, J., & González-Briones, A. (2019). IoT-based smart irrigation systems: A review. *Agricultural Water Management*, 215, 64-78. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.01.017>
- González-Briones, A. M.-S.-G.-S. (2018). Revisión de redes inalámbricas de sensores para la agricultura. *Sensores. MDPI*, 18(12), 4175. doi:<https://doi.org/10.3390/s18124175>
- Halley, G. (2014). *Introducción a Arduino*. Grupo Astronomico.
- Llamas, L. (24 de 07 de 2015). *Detector de movimiento con Arduino y sensor PIR*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/detector-de-movimiento-con-arduino-y-sensor-pir/>
- Li, T., Xia, E., & Chen, L. (2020). Wireless sensor networks in agriculture: A systematic review. *Sensors*, 20(15), 4310. <https://doi.org/10.3390/s20154310>
- MAGAP. (2023). Plan Nacional de Tecnificación del Riego en Ecuador. Quito: Ministerio de Agricultura.
- Macarena, C. (2017). Guía práctica para la identificación de plagas del cultivo de girasol.
- Onmiblu. (24 de 07 de 2024). <https://www.omniblug.com/sensor-temperatura-humedad-DHT11-DHT22.html>. Obtenido de



<https://www.omniblug.com/sensor-temperatura-humedad-DHT11-DHT22.html>

Roldán, M. (06 de 2019). Obtenido de [https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/9702/1/memoria\\_TFG\\_imr00022.pdf](https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/9702/1/memoria_TFG_imr00022.pdf)

Sadowski, S., & Spachos, P. (2020). Wireless technologies for agricultural monitoring use Internet of Things devices with energy harvesting capabilities. *IEEE Access*, 8, 118838–118848. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3009074

Sánchez. (2019). Control de Plagas y Enfermedades. *Tierra Infinita*, 234 -243.

Significados. (15 de Febrero de 2023). *Significados*. Obtenido de <https://www.significados.com/girasol/>

Smith, G. M. (09 de 03 de 2020). *Dewesoft*. Obtenido de <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor#:~:text=Un%20sensor%20es%20un%20dispositivo,para%20lectura%20o%20procesamiento%20adicional.>

Wang, Y. G. (2019). Aplicación de redes de sensores inalámbricos para monitorear parámetros ambientales en un sistema de producción de hortalizas en invernadero: una revisión. . *Computadoras y Electrónica en Agricultura*, 315-329, 157. doi:10.1016/j.compag.2018.12.014

Zhang, Y., Li, X., & Liu, J. (2021). Smart agriculture: A review of IoT-based technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 185, 106156. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106156>