



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# MONITOREO DE GRANJAS VERTICALES EN INTERIORES CON IOT, CLOUD COMPUTING, TECNOLOGÍAS DE HARDWARE Y SOFTWARE LIBRES

Daniel Fuentes Morales, Jorge Flores Velázquez, Rodrigo Roblero Hidalgo



Fecha de presentación del 09 al 11 de junio de 2021

Pueden cambiar la  
imagen referente al  
tema de la ponencia





# Introducción



**150.8**

**Millones de personas en México**

**50 %**

**Más de alimentos**

**70 %**

**De la población  
vivirá en zonas  
urbanas**



# Introducción

**97 %**  
Menos agua

**2 veces**  
Mas rápido el  
crecimiento

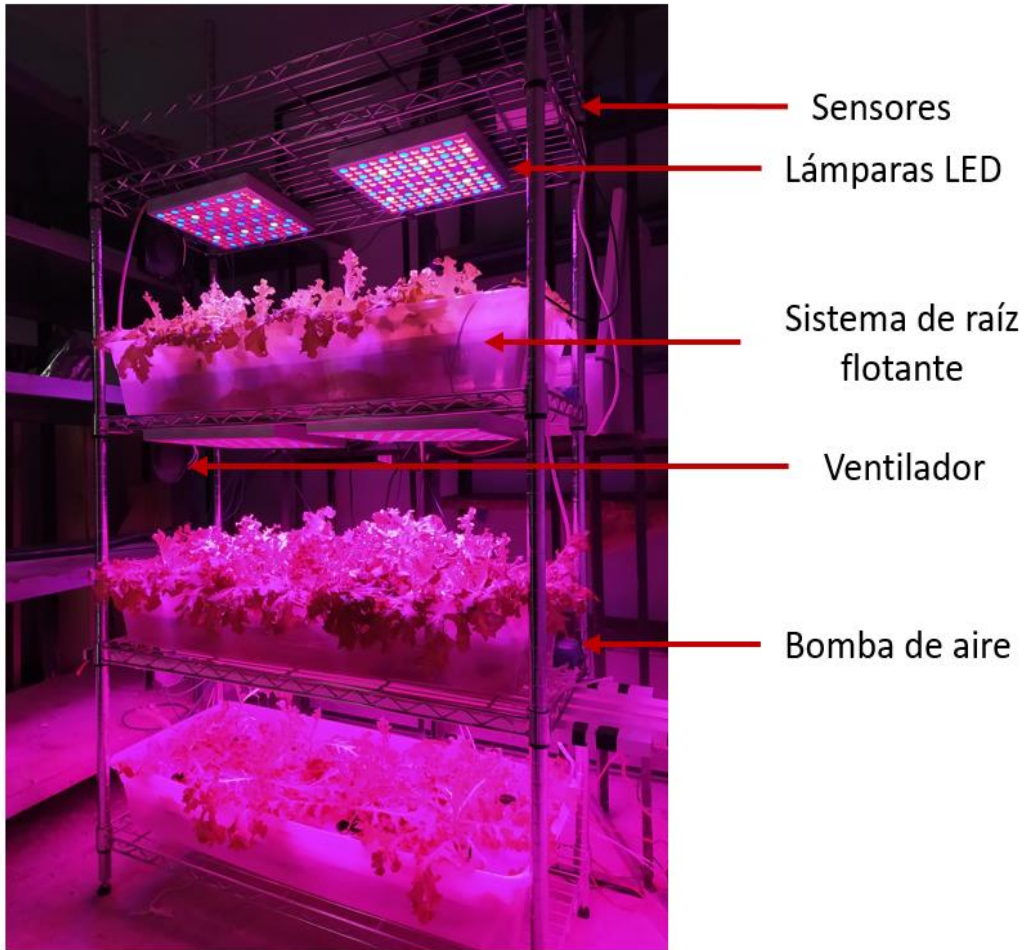
**22.07**  
Billones para el 2026

**Menos**  
contaminación





# Materiales y Métodos



Se construyó un prototipo de granja vertical conformada por un estante de 5 niveles (LxWxH, 40.4x90.4x183.6 cm). Equipada con un sistema hidropónico de raíz flotante compuesto por depósitos de plástico de 39 l con placas de poliestireno de 1" y canastillas hidropónicas de 2". Para la oxigenación contaba con un sistema de aireación compuesto por bombas de aire de 80 l (1588, Aquakril, México) y manguera flexible de silicón traslúcido con difusores de aire. Cada nivel contaba con ventiladores de 6" de 117 VCA con 14 W de potencia (Steren, México) para extraer el aire caliente de las lámparas LED (Figura 1).

**Figura 1.** Granja vertical en interiores monitoreada con Arduino.

# Materiales y Métodos

Se instalaron sensores para el monitoreo de variables climáticas (Cuadro 1) y un sistema de automatización basado en Arduino para operar el sistema de iluminación, ventilación y oxigenación. Las horas lumínicas y el tiempo de encendido de la ventilación y aeración del agua se controlaron mediante un relevador de estado sólido de 8 canales. Para revisar el sistema se colocó una pantalla LCD 16x2 para visualizar la fecha, la temperatura y humedad ambiente. Todos los dispositivos fueron controlados mediante una placa de microcontrolador Arduino Mega 2560 basada en el ATmega2560.



| No. | Descripción                             |
|-----|---|
| 1   | Arduino Mega 2560                       |
| 2   | Pantalla LCD 16x2                       |
| 3   | Relevador de estado sólido de 8 canales |
| 4   | Módulo Wifi esp8266                     |
| 5   | Eliminador 5v 2a                        |
| 6   | Potenciómetro                           |
| 7   | Cable UTP                               |
| 8   | Módulo micro SD                         |
| 9   | Módulo de reloj DS3231                  |
| 10  | Banco de terminales de dos filas        |
| 11  | Cable eléctrico THHW calibre 14         |

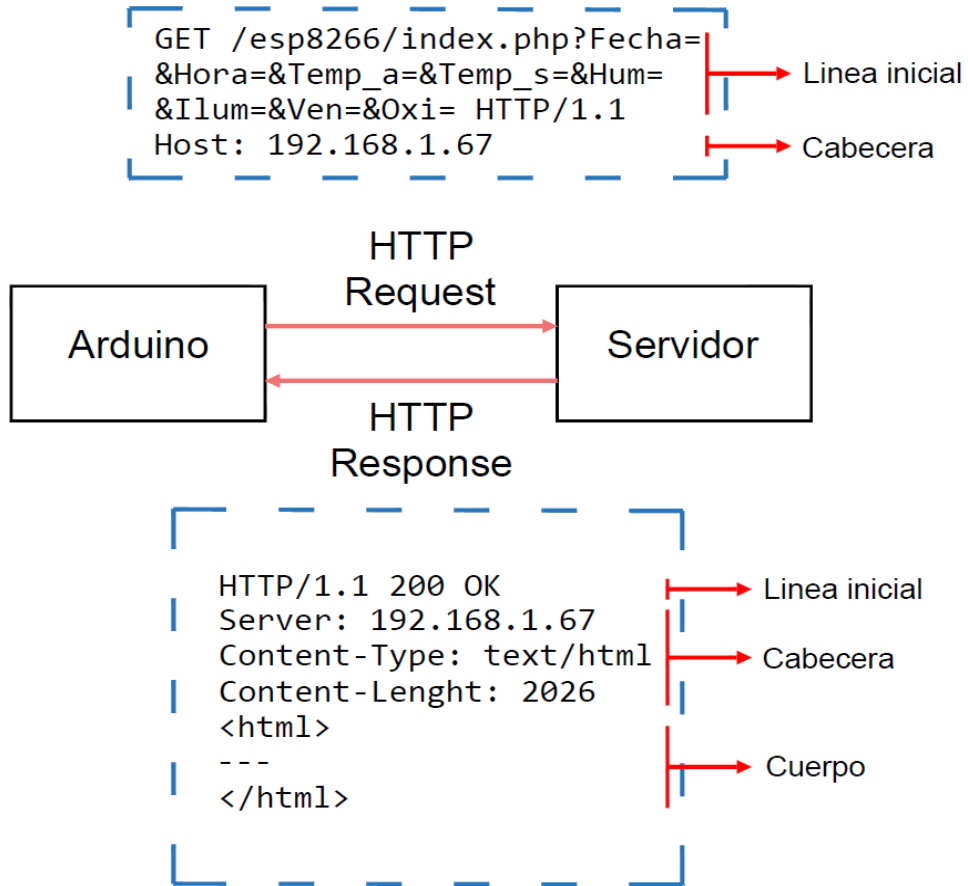
**Figura 2.** Gabinete de control del sistema de agricultura en interiores de bajo costo.

**Cuadro 1.** Sensores que contiene la granja vertical.

| Sensor         | Variable                                      | Precisión         |
|----------------|---|-------------------|
| <b>Dht22</b>   | Temperatura (Temp_a) y Humedad ambiente (Hum) | ±0.5 °C<br>±3.5 % |
| <b>Dsb1820</b> | Temperatura de la solución (Temp_s)           | ±0.5 °C           |
| <b>BH1750</b>  | Intensidad de luz                             | ±0.5 lx           |
| <b>DS3231</b>  | Fecha y hora                                  | 2ppm              |



# Materiales y Métodos

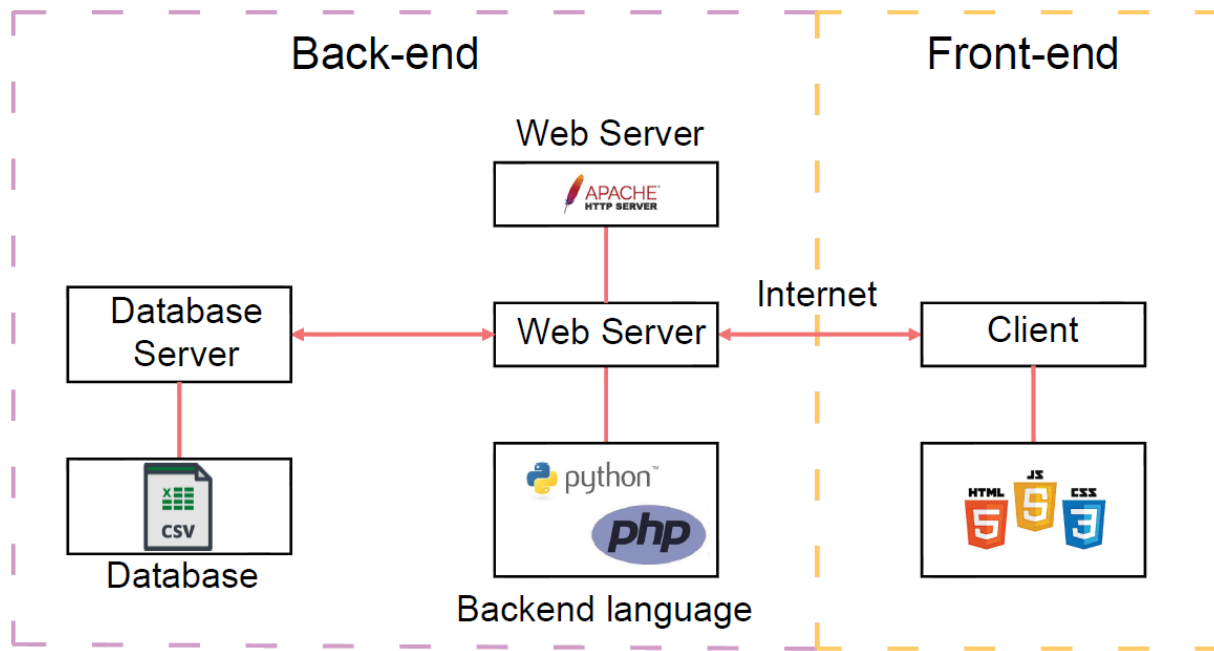


La fábrica de plantas se conectó a internet a través de un módulo Wi-Fi (esp8266) con el fin de enviar los datos recolectados por los sensores e informar si esta encendido el sistema de iluminación, ventilación y oxigenación. El envío de datos se realizó mediante el protocolo HTTP (Figura 3). Para evitar la pérdida de datos en caso de fallas en la red los datos se almacenaron en un módulo de memoria microSD.

**Figura 3.** Arquitectura Cliente-Servidor.



# Materiales y Métodos



**Figura 4.** Arquitectura de la aplicación web desarrollada para el monitoreo de la granja vertical.

Se instaló un servidor (Dell Optiplex 790) al cual se puede acceder de manera remota mediante una ip pública (dominio), en él se recibieron los datos enviados por Arduino a través de un script realizado en php y se almacenaron en una base de datos formada por archivos csv, posteriormente estos fueron procesados por Python 3.8 para obtener datos promedio de cada 60 min durante las últimas 24 horas (Back-end, Figura 4) y a través de Javascript se generaron gráficas dinámicas de los datos para finalmente ser visualizados a través de una página web realizada en html 5 y css 3 (Front-end, Figura 4).



# Resultados y Discusión

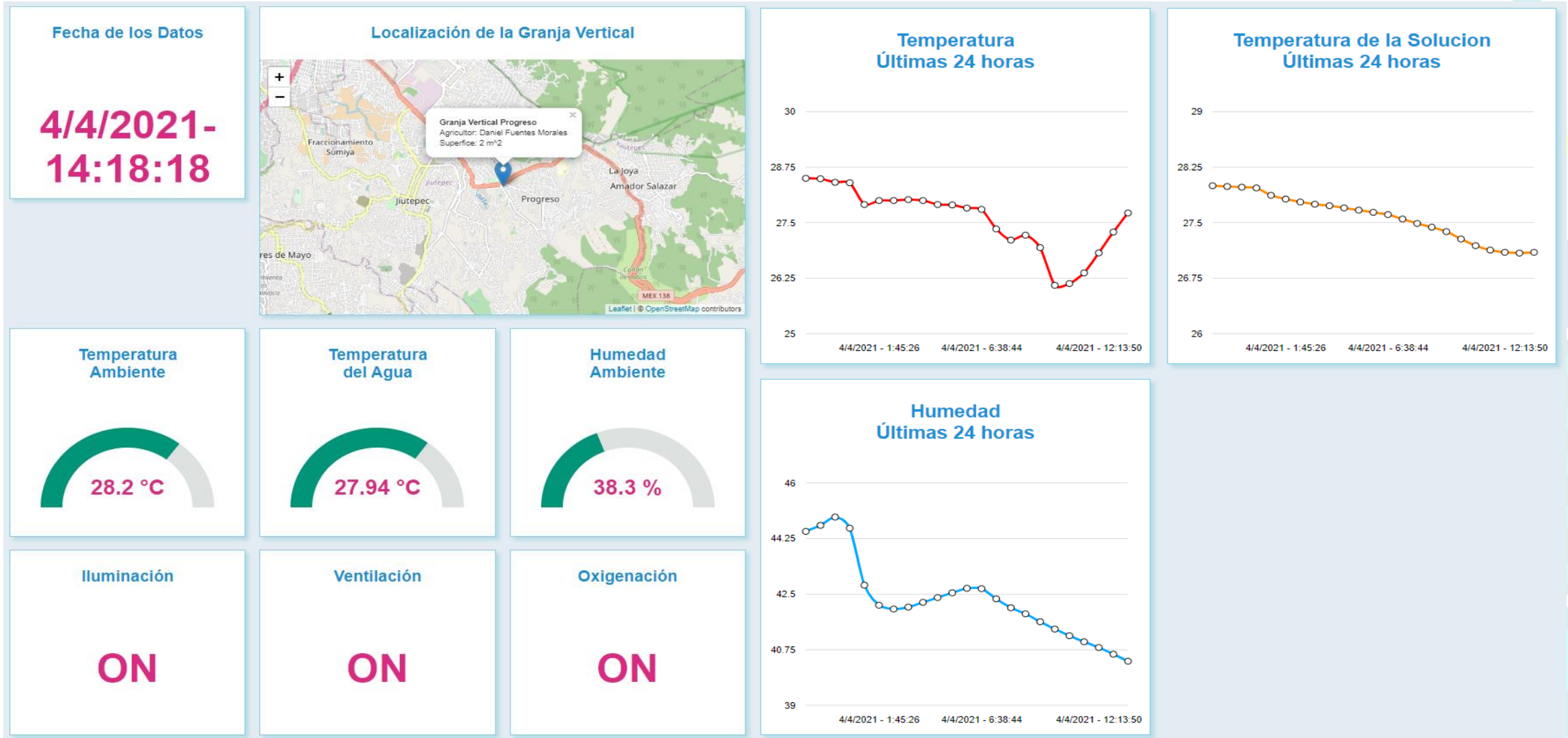


Figura 5. Datos en tiempo real para monitorear la fábrica de plantas y graficas de los datos obtenidos por los sensores en las últimas 24 horas.



# Resultados y Discusión

A

```

datos.csv: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
20/3/2021,23:55:49,29.20,27.56,42.70,ON,ON,OFF
20/3/2021,23:56:31,29.10,27.56,42.80,ON,ON,OFF
20/3/2021,23:57:13,29.10,27.56,42.80,ON,ON,OFF
20/3/2021,23:57:55,29.20,27.56,42.90,ON,ON,OFF
20/3/2021,23:58:38,29.10,27.56,42.80,ON,ON,OFF
20/3/2021,23:59:20,29.10,27.56,42.80,ON,ON,OFF
21/3/2021,0:0:2,29.10,27.56,42.80,OFF,ON,OFF
21/3/2021,0:0:44,29.20,27.56,42.80,OFF,ON,OFF
21/3/2021,0:1:26,29.20,27.56,42.90,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:2:8,29.10,27.56,42.90,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:2:50,29.20,27.50,43.00,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:3:32,29.20,27.56,43.10,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:4:14,29.10,27.56,43.00,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:4:56,29.20,27.56,43.00,OFF,ON,ON

```

B

```

datos.csv: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
21/3/2021,0:19:40,29.10,27.50,43.20,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:20:22,29.20,27.50,43.20,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:21:4,29.10,27.50,43.20,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:21:46,29.20,27.50,43.30,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:22:28,29.10,27.50,43.20,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:23:10,29.10,27.50,43.20,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:23:49,29.20,27.50,43.20,OFF,ON,ON
21/3/2021,0:24:31,29.20,27.50,43.20,OFF,ON,OFF
21/3/2021,0:25:13,29.20,27.50,43.20,OFF,ON,OFF
21/3/2021,0:25:56,29.20,27.50,43.20,OFF,ON,OFF
21/3/2021,0:26:38,29.20,27.50,43.20,OFF,ON,OFF
21/3/2021,0:27:20,29.20,27.50,43.20,OFF,ON,OFF
21/3/2021,0:28:2,29.10,27.50,43.10,OFF,ON,OFF
21/3/2021,0:28:44,29.10,27.50,43.10,OFF,ON,OFF

```

**Figura 6.** Datos almacenados en el servidor que muestran el sistema de oxigenación encendido durante 24 minutos.

A

```

datos.csv: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
29/3/2021,23:55:24,28.90,28.56,40.70,ON,ON,OFF
29/3/2021,23:56:6,28.90,28.56,40.70,ON,ON,OFF
29/3/2021,23:56:48,28.90,28.56,40.70,ON,ON,OFF
29/3/2021,23:57:30,28.90,28.56,40.70,ON,ON,OFF
29/3/2021,23:58:12,28.90,28.56,40.70,ON,ON,OFF
29/3/2021,23:58:54,28.90,28.56,40.50,ON,ON,OFF
29/3/2021,23:59:36,28.90,28.56,40.20,ON,ON,OFF
30/3/2021,0:0:18,28.90,28.56,40.10,OFF,ON,OFF
30/3/2021,0:1:0,28.90,28.56,40.00,OFF,ON,ON
30/3/2021,0:1:42,28.90,28.50,39.80,OFF,ON,ON
30/3/2021,0:2:24,28.90,28.50,39.70,OFF,ON,ON
30/3/2021,0:3:6,28.90,28.50,39.60,OFF,ON,ON
30/3/2021,0:3:48,28.90,28.50,39.50,OFF,ON,ON
30/3/2021,0:4:30,28.90,28.50,39.40,OFF,ON,ON

```

B

```

datos.csv: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
30/3/2021,5:56:39,28.40,27.88,41.90,OFF,ON,OFF
30/3/2021,5:57:21,28.30,27.88,41.90,OFF,ON,OFF
30/3/2021,5:58:3,28.40,27.88,42.00,OFF,ON,OFF
30/3/2021,5:58:44,28.40,27.88,42.00,OFF,ON,OFF
30/3/2021,5:59:26,28.40,27.88,42.00,OFF,ON,OFF
30/3/2021,6:0:8,28.30,27.88,42.00,OFF,ON,OFF
30/3/2021,6:0:50,28.40,27.88,42.00,OFF,ON,OFF
30/3/2021,6:1:32,28.40,27.88,42.10,ON,ON,ON
30/3/2021,6:2:13,28.30,27.88,42.00,ON,ON,ON
30/3/2021,6:2:55,28.30,27.88,42.10,ON,ON,ON
30/3/2021,6:3:37,28.40,27.88,42.10,ON,ON,ON
30/3/2021,6:4:19,28.40,27.88,42.10,ON,ON,ON
30/3/2021,6:5:0,28.40,27.88,42.10,ON,ON,ON
30/3/2021,6:5:42,28.40,27.88,42.20,ON,ON,ON

```

**Figura 7.** Datos almacenados en el servidor que muestran el sistema de iluminación apagado durante 6 horas.

# Resultados y Discusión



**Figura 8.** Producción de lechuga romana y sangría en la granja vertical.





# Conclusiones

El sistema de iluminación, ventilación y oxigenación funcionó de manera adecuada encendiéndose en las horas preestablecidas. El módulo de reloj no presentó retrasos importantes en la hora por lo que lo convierte en un módulo confiable y preciso. El bajo costo de Arduino y el módulo esp8266 los hacen ideales para automatizar procesos y monitorearlos a través de internet. La pérdida de datos por fallas en la conexión con el servidor se pudo evitar al guardar los datos en una memoria microSD.







# Referencias

- Sill, C. & Serbin, I. 2018. Vertical farming: a revolution to sustainable agriculture. University of Pittsburgh Swanson School of Engineering.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2012). Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. Editorial OECD, <https://doi.org/10.1787/9789264122246-en>





"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



## Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII- 2021 / Hermosillo, Sonora



# ¡GRACIAS!

**Daniel Fuentes Morales**

**Instituto Mexicano de Tecnología del Agua**



Whatsapp: 595-115-2797



Correo: [daniel.fuentes@posgrado.imta.edu.mx](mailto:daniel.fuentes@posgrado.imta.edu.mx)



Researchgate: Daniel Fuentes-Morales



LinkedIn: danielmirriga



Facebook: Daniel Fuentes



Twitter: danielmirriga



Instagram: ing.danielfuentes

