



Riego automático de huertos utilizando Arduino

ARON ALEJANDRO LÓPEZ GÓMEZ
GLOBE V SCHOOL GUATEMALA- STEAM PROGRAM
ASESORES ACADÉMICOS
WALESKA ALDANA SEGURA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
JULIÁN FÉLIX
UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

Riego automático de huertos utilizando arduino

STEAM Globe School Guatemala

Aron Alejandro López Gómez
, Villa Nueva, Guatemala

Asesores Académicos

Waleska Aldana Segura,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Julián Félix Valdez
Universidad de Guanajuato, México.

Abstract

Para estudiar el consumo de agua en un huerto familiar, se realiza una automatización de un sistema de riego por medio de un controlador Arduino al cual se le instala celdas solares para brindarle autonomía de funcionamiento al mismo, de manera que pueda operarse a la intemperie sin requerir un sistema continuo de alimentación de energía eléctrica. Utilizando los protocolos GLOBE para establecer parámetros comparativos hemos determinado que existe un 60% de ahorro de agua al utilizar un sistema automático en comparación de un sistema manual de riego. Inicialmente se realizó el estudio en 4 sitios, separados 140Km entre sí, y actualmente se busca mejorar el sistema experimental en un solo sitio.

Contenido

Antecedentes	1
Objetivos, Pregunta de investigación e hipótesis	2
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Pregunta de Investigación	2
Hipótesis	2
Materiales y Métodos	3
Protocolos GLOBE Utilizados	4
Materiales	5
Código	5
Componentes	6
Cronograma de trabajo	7
Sitio de Investigación	8
Resultados	9
Ejemplo de datos en la segunda fase	10
Análisis de datos	11
Conclusiones	14
Agradecimientos	15
Referencias	15

Antecedentes

El proyecto GLOBE es una estrategia de ciencia ciudadana que utiliza los datos recopilados a través de la plataforma GLOBE (Global Learning Observations to Benefit the Environment) (Hayden et al., 2019) y promueve una educación ambiental basada en la observación de acuerdo a ciertos protocolos. Desde el año 2021 se estableció un grupo de trabajo de dos participantes separados 140Km entre sí en Guatemala como parte del Programa STEAM(Aldana, 2020) y de esta manera participar en el International Virtual Science Symposium en el año 2022.

El objetivo primordial ha sido estudiar la utilización de un sistema como Arduino, como un controlador embebido que permita automatizar el riego para optimizar el uso del recurso hídrico. Guatemala, presenta altos niveles de desnutrición crónica y aguda, vinculados a la calidad de los alimentos, disponibilidad de alimentos, disponibilidad de cosechas de postre, almacenamiento y tratamiento post-cosecha y otros factores estructurales como pobreza y marginación. (Alimentaria & Unidas, s/f)

Los estudiantes que participan del Programa STEAM, que es una colaboración de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Universidad Galileo y la Universidad de Guanajuato con apoyo de la Embajada de Estados Unidos en Guatemala, motiva a los estudiantes a participar de las actividades de Ciencia Ciudadana como la campaña de observación de Mariposas o la Campaña de observación de árboles(2023) de Globe NASA.(Martin et al., 2022)

Dentro de los objetivos de Desarrollo Sostenible, y la Agenda 2030, es fundamental el manejo del recurso hídrico y asegurar la seguridad alimentaria tanto como un bien, como un derecho humano. (Fraisl et al., 2020) Además, los proyectos de Ciencia Ciudadana permiten contribuir a la efectiva creación de redes de conocimiento, alineado a los objetivos del IVSS 2023, "Creating Global Communities".

El uso de controladores y placas Arduino se ha popularizado en los últimos 5 años, de tal manera que SCRATCH (el lenguaje de programación por bloques) es parte del currículo en algunos países. El uso de Arduino permite utilizar efectivamente los recursos disponibles, sin que los jóvenes tengan que aprender los fundamentos de electrónica avanzada, pero sí puedan adquirir los conceptos para utilizar apropiadamente un controlador y los sensores para este proyecto.

Finalmente, el proyecto ha buscado establecer diferencias entre los elementos de suelo, fertilización, asoleación y temperatura para conocer cómo incide en la producción de alimentos en agricultura urbana.

Objetivos, Pregunta de investigación e hipótesis

Para realizar la investigación se realizó un enfoque mixto de acuerdo a (Hernández Sampieri, 2018) de investigación cualitativa e investigación cuantitativa.

Objetivos

Objetivo General

El objetivo General del proyecto es utilizar un controlador Arduino para automatizar el uso del recurso hídrico en un huerto familiar.

Objetivos Específicos

Los objetivos específicos se establecieron así

- -Elaborar un sistema experimental que permita automatizar el riego de un huerto urbano
- Comparar la efectividad de un sistema experimental automático vrs prácticas tradicionales, con respecto al consumo de agua.
- Aprender sobre la utilización de los protocolos GLOBE para la adquisición de datos, análisis y aprendizaje de medio ambiente.

Pregunta de Investigación

La Pregunta de investigación para este proyecto era

¿Utilizando un sistema automático de riego se consume una menor cantidad de agua que utilizando un sistema manual?

Hipótesis

La hipótesis de trabajo se planteó de acuerdo con el objetivo general y la pregunta de investigación.

-Un sistema automático permite reducir el consumo de agua al mismo tiempo que permite mantener o incrementar la producción de un huerto urbano para autoconsumo.

Materiales y Métodos

Metodología utilizada

El proyecto utilizó una metodología mixta de investigación cuantitativa (utilizando datos GLOBE y datos recolectados en el sitio de investigación) y datos cuantitativos (observación controlada). La experimentación se basa en el método científico, (Rosenblueth, s/f)utilizando bitácoras para el registro de datos, comparación, registro, establecimiento de sitio de observación y los protocolos Globe.

Durante el proceso, se realizó una primera aproximación con un sistema de control no automatizado. La primera fase culminó en Junio 2022 con un sistema conectado a una computadora y alimentado por baterías AA. Este sistema inicial nos permitió realizar importantes observaciones sobre la calidad del suelo y su influencia en nuestro huerto. Se utilizaron tres tipos de suelo para el establecimiento del huerto

- A. Sustrato de coco con fertilizante de lombricompost
- B. Tierra tratada con vapor para asegurar la inocuidad de la misma
- C. Tierra recolectada de un bosque cercano (tierra negra, rica en humus)

Se utilizó una botella de plástico de refresco de 1.5L en cada maceta del huerto para controlar la cantidad de agua utilizada.

También se investigó la influencia de la intensidad solar sobre la producción del huerto, y se estableció como control 3 intensidades con SARAN (Malla de huerto comercial para establecer la sombra) 50%, 80% y 100% de asoleación.

Inicialmente se colocaron semillas en piloneras de Cilantro, Perejil y Rábano. Se seleccionaron plantas de ciclo corto que nos permitieran además tener una apreciación de acuerdo a la intensidad de sabor de las mismas.

Se colocaron los huertos en varios sitios de investigación y se monitorearon durante 3 meses. El resultado inicial coincidió con el establecimiento de la época lluviosa y los huertos que se encontraban bajo SARAN presentaron pérdida total de las plantas. Un alto porcentaje (70%) de las plantas expuestas a la intemperie se perdieron debido al exceso de agua de lluvia.

El proyecto tiene como objetivo aplicar conocimiento y comprobar el uso del agua en un huerto casero, utilizando un circuito con un sensor llamado higrómetro junto una placa acondicionadora de señal, siendo estos últimos los que detectan la humedad de la tierra a través de su fluctuación de conductividad eléctrica, una placa rele que cumplía la función de activar la bomba de agua bajo el criterio de los datos y la sensibilidad de la placa acondicionadora de señal, la bomba es la que humedece la tierra hasta que el higrómetro

detecta una fluctuación en los datos y está envía la señal para apagar la bomba por la placa rele. Para el funcionamiento necesita una fuente de energía, es decir, baterías.

Para mantener preservar las plantas, se analizaron algunas variables como; la luminosidad que recibe la planta, la humedad atmosférica para la correcta transpiración y absorción de nutrientes, la temperatura atmosférica para que no sufriera daños graves por drásticos cambios de temperatura, la presión atmosférica para saber sobre si tenía una buena apertura de las estomas, la conductividad eléctrica para saber la cantidad de nutrientes recibidos.

En los resultados obtenidos se comprobó que con la automatización del riego se utiliza de mejor manera el recurso hídrico en las casas, las plantas crecen de mejor manera si se controlan las variables más influyentes en su crecimiento, y se concluyó que es un método conveniente para el cuidado del agua.

Protocolos GLOBE Utilizados

Estos protocolos se utilizaron en el marco de Making Global Connections, el tema para este año, donde contamos con varios sitios iniciales de observación¹. Además, tomando el sistema Tierra como uno solo, también hicimos conexiones globales, aprovechando la Campaña de Observación de Mariposas para conocer sobre la utilización de los Protocolos Globe, y contamos con un Científico Internacional en México que contribuye con el proyecto en Guatemala.

De acuerdo a la convocatoria del Simposio IVSS de este año, se utilizaron los protocolos agrupados para la Agricultura, de acuerdo al equipo con el que contamos.²

Protocolos relacionados a la Agricultura(GLOBE, s/f)

Protocolos relacionados a la Agricultura

Hidrosfera

- Medición de temperatura del aire
- Nubes
- Conductividad eléctrica del Suelo

Pedósfera

- Humedad del Suelo

¹ Durante el desarrollo del proyecto tuvimos que cambiar los sitios de observación por situaciones ajenas a este proyecto.

²² No contamos con apoyo de MINEDUC para contar con el equipo oficial de GLOBE y hemos tratado de establecer con equipo comercial la Caseta de Observación y otros materiales por nuestra cuenta con apoyo de un Grant de la U. S. Embassy Guatemala como parte del apoyo al proyecto STEAM Program Guatemala.

Realizando conexiones globales, además participamos de las Jornadas Académicas de la Ciencia 202 con el Instituto Politécnico Nacional de México, donde presentamos este proyecto y en el XI CIEDUC, Congreso Iberoamericano de Educación Científica de la Cátedra UNESCO de Educación Científica para América Latina y el Caribe.

Materiales

Se diseñó un sistema experimental que fue adaptado a lo largo del proyecto para incorporar nuevos elementos como un panel de alimentación solar para lograr que el sistema funcione autónomamente (sin conexión a la red eléctrica).(Sheikh, 2022)

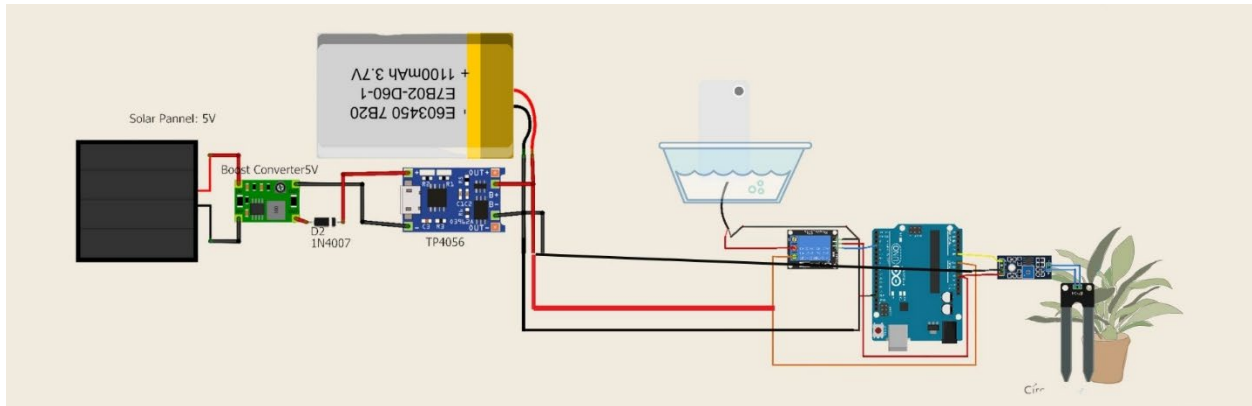


Ilustración 1 Diseño experimental (fuente: Tinkercad con anotaciones propias y Creativity)(Jamil et al., 2020)

Código

```
const int BombadeAgua = 6; //pin conectado a la Bomba
const int sensor = A1; //pin analógico conectado al Sensor de humedad
int value;
void setup() {
  pinMode(sensor,INPUT);
  pinMode(BombadeAgua, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  value = digitalRead(sensor);
  if(value==0){
    digitalWrite(BombadeAgua, HIGH);//enciende la Bomba de Agua
    delay(3000); //riega por 3 segundos
    digitalWrite(BombadeAgua, LOW);//apagar la Bomba de Agua
  }
  else{
    digitalWrite(BombadeAgua, LOW);
  }
}
```



```


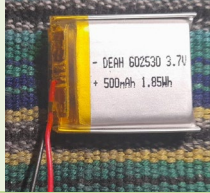
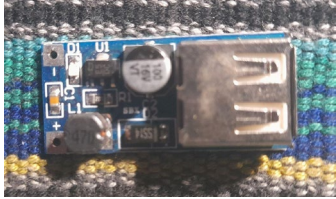
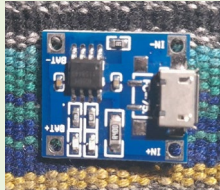
delay(120000); //después de regar la planta espera 2 minutos para leer nuevamente y ajustar
los datos
}

```

Componentes

Los componentes utilizados en este diseño fueron

Componente	Función	Fotografía
Arduino	La placa UNO R3 Controller Board 1PC es la que se encarga de registrar los datos los cuales comparte con la computadora.	
Higrometro de suelo	Este tipo de sensor sirve para medir la humedad de la tierra, por medio la variación de conductividad en la tierra	
Placa Acondicionadora señal	Tiene un regulador de voltaje, cuyo valor e lee en el pin analógico	
Placa Relé	El relé opera como un switch que abre y cierra el circuito	
Bomba de 5V	Se encarga de bombear desde el recipiente hasta el huerto por medio de una manguera. Se activa por medio del pin digital del Arduino.	

Componente	Función	Fotografía
Panel Solar	Un panel policristalino	
Batería de Litio de 3.7v	Batería de litio para brindar autonomía al sistema	
Elevador de Voltaje	Se encarga de suministrar 5V aún cuando recibe una menor cantidad del panel solar, para alimentar el Arduino	
Regulador de Voltaje	Se encarga de asegurar que el voltaje suministrado al Arduino no excede los 5V, manteniendo un voltaje estable.	

Cronograma de trabajo

Actividad	2022 Diciembre				Enero 2023				Febrero 2023				Marzo 2023	
	1a. sem	2a. sem	3a. sem	4a. sem	1a. sem	2a. sem	3a. sem	4a. sem	1a. sem	2a. sem	3a. sem	4a. sem	1a. sem	2a. sem
Participación CIEDUC														
Planeación														
Selección de cultivos														
Selección de Sitios														
Establecimie														

nto de huertos													
Construcción de circuitos automatizados para el riego													
Inclusión de Arduino													
Monitoreo de Huertos													
Elaboración de reportes													

Sitio de Investigación

Inicialmente se contaba con 4 sitios de investigación separados 140Km entre sí. Sin embargo por diversas razones los otros estudiantes no pueden participar en este momento.

El sitio de investigación se estableció en Villa Nueva, Guatemala, que corresponde a un bosque húmedo tropical, a 1,316msn,



Ilustración 2 Municipio de Villa Nueva, Guatemala.

Resultados

Se realizó la preparación de piloneras para establecer apropiadamente pilones que se trasladarían a macetas de control. Estas piloneras se iniciaron con sustrato de coco, tierra tratada con vapor y tierra negra. En este proceso se monitorearon los huertos y en el 8 vo. Día se realizó el trasplante. Inicialmente el éxito en la pilonera de rábanos fue menor al 30% en el caso de sustrato de coco, en el caso de tierra estéril fue de 5% y en tierra negra alcanzó el 45%.

Las semillas de cilantro tuvieron un éxito similar (<30% en sustrato de coco, <2% en tierra estéril y 10% en tierra negra. El Perejil no tuvo éxito en la pilonera.

En este proceso se estableció que con un sarán que bloqueaba el 50% de la intensidad solar las plantas no germinaron. En el Sarán con 80% y a la intemperie de asoleación germinaron en 8 días.

Se estableció una frecuencia de toma de datos de 5 veces al día para mantener el registro de la información utilizando una bitácora y realizando mediciones en mañana, (6:00am) media mañana (10:00am), alrededor de las dos horas dentro del rango del medio día solar (13:30pm), tarde (17:00pm)

Hora	Humedad	Luminosidad	Conductividad	Temperatura	Presión atmosférica	Observación personal
6:00 am	97%	0	288	20c	1016	
10:00 am	58%	0	278	26c	1017	
13:30 PM	44%	1276	220	30c	1013	Las plantas tomaron un color más verde y se están enderezando ningún progreso del cilantro
17:00 pm	64%	82	252	27c	1012	Las plantas de rábanos se ven bien se enderezaron más y agarraron un fuerte color verde ningún progreso del cilantro

Ilustración 3 captura de pantalla de la bitácora de observación (elaboración propia)



Ilustración 4 Fotografías durante la primera fase de implementación del huerto (fotografía propia)

Ejemplo de datos en la segunda fase

Tabla 1 Ejemplo de datos adquiridos (elaboración propia)

DÍA	T. MEDIA °C	T. MÁX °C	T. MIN °C	V. MEDIA VIENTO Km/h	PRESIÓN MEDIA mbar	Cobertura de nubes %
1	19	25	15	23.3	1022.4 mb	50
2	19	25	14	24.7	1022.7 mb	30
3	16	21	13	26.5	1023.2 mb	69
4	16	22	14	33.9	1023.9 mb	75
5	17	23	14	30.6	1023.7 mb	45
6	16	21	12	25	1022.8 mb	60
7	17	25	12	20.3	1021.3 mb	25
8	20	27	15	20.4	1020.5 mb	40
9	19	25	15	21	1020.8 mb	60
10	19	25	15	23.3	1020.7 mb	65
11	18	23	14	26.7	1021.2 mb	65
12	17	22	13	35.2	1021.4 mb	35
13	17	24	12	30.1	1021.3 mb	25
14	18	26	14	16.2	1020.4 mb	50
15	20	26	16	10.4	1020.1 mb	55
16	19	25	15	10.1	1019.6 mb	45
17	19	25	16	22.4	1020.5 mb	50
18	18	21	15	37	1022.7 mb	55
19	17	21	13	39.3	1023.4 mb	45
20	17	23	13	25.6	1023.4 mb	45
21	18	26	13	21.7	1021.8 mb	30
22	20	25	16	10.7	1020.9 mb	60
23	19	26	15	12.6	1021.9 mb	60
24	19	26	15	15.8	1023 mb	30

25	19	26	14	25	1023.8 mb	30
26	19	25	15	23.8	1022.4 mb	20
27	19	27	15	16.1	1020.3 mb	20
28	20	33	16	12	1019.9 mb	40

Análisis de datos

De los datos obtenidos, estableciendo el sitio de trabajo según los protocolos GLOBE se registró datos con ambos sistemas experimentales (con panel solar y sin panel solar). Se utilizó la aplicación Globe Observer para reportar cobertura de nubes y en el proceso se pudo hacer el empate con observaciones de satélite en varias ocasiones. Se utilizó la aplicación Globe Observer (Amos et al., 2020) y se revisaron los datos de años anteriores con respecto a la temperatura, determinando que este año hemos alcanzado mayor temperatura del aire (Amos et al., 2020) para reportar cobertura de nubes y en el proceso se pudo hacer el empate con observaciones de satélite en varias ocasiones.

De los datos obtenidos se observa una correlación inversa entre la cobertura de nubes y la temperatura media del día, contribuyendo a nuestras observaciones de la efectividad de germinación de semillas de acuerdo al nivel de asoleación.

Un resultado interesante ha sido que los rábanos que se siembran y cuentan con riego automático no solo su producción es mayor (alrededor de 60% de rábanos logran germinar) ya con el sistema alimentado por paneles solares, que asegura un suministro estable de voltaje, sino que su sabor es más intenso. Esto se atribuye al stress hídrico que existe al no sobre utilizar el recurso hídrico. Los rábanos con riego manual germinan con un éxito menor al 10% en algunos casos y su sabor es menos intenso.

Otro resultado es que, a pesar de lo esperado, el sustrato de coco con lombricompost no fue tan efectivo para germinar las semillas en la pilonera como la tierra negra, rica en humus y compuestos vegetales (se utilizaron las semillas del mismo paquete y el mismo día se sembraron en ambos casos).

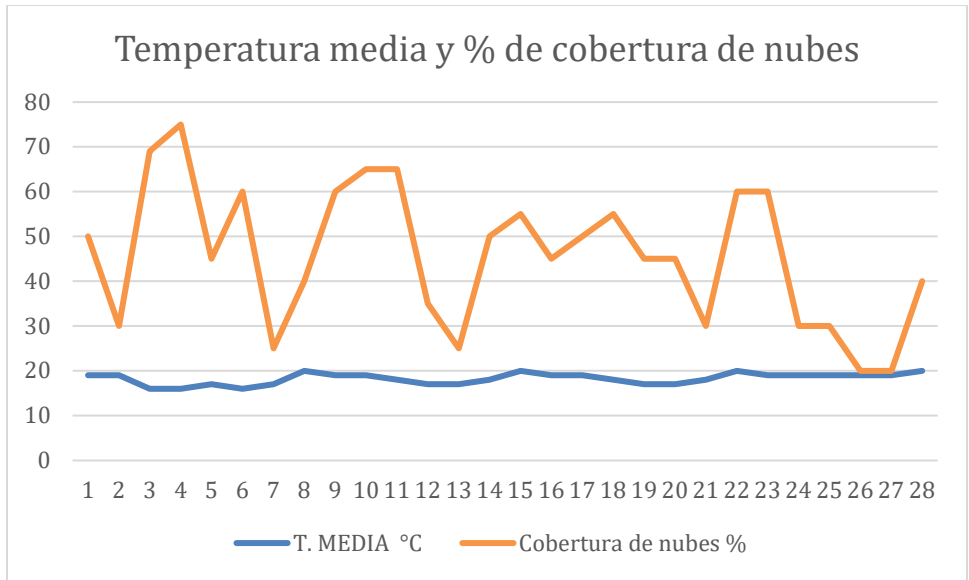


Ilustración 5 temperatura media y % de cobertura de nubes

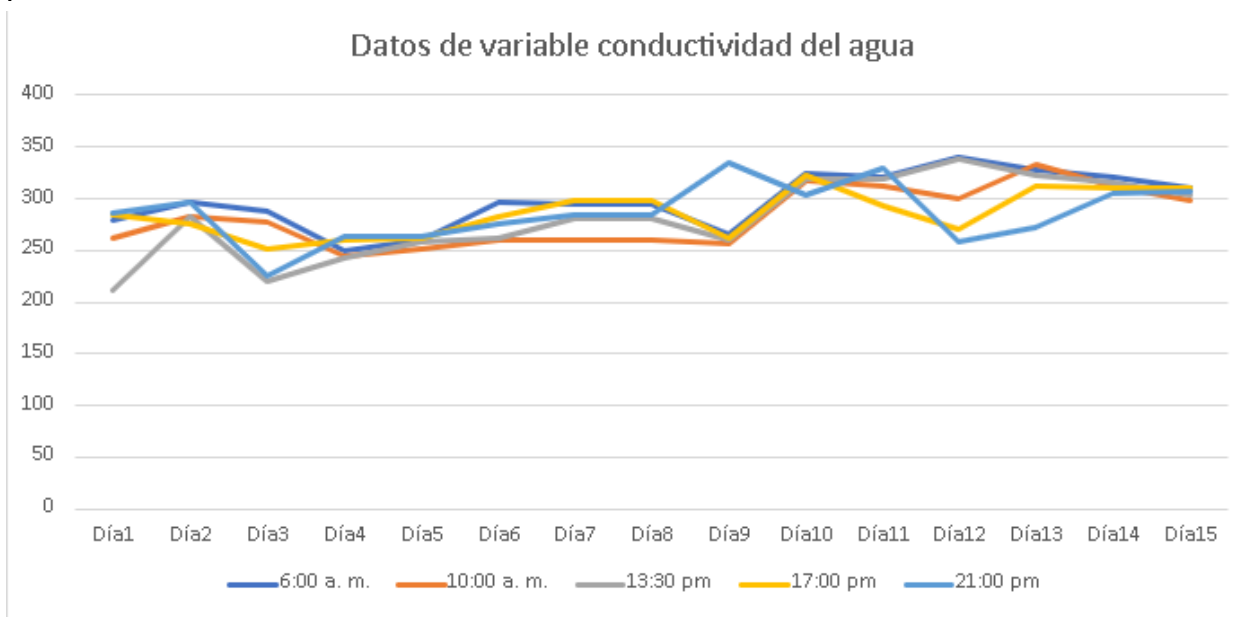


Ilustración 6 Ejemplo de los datos recopilados de conductividad del agua utilizando el Arduino (elaboración propia)

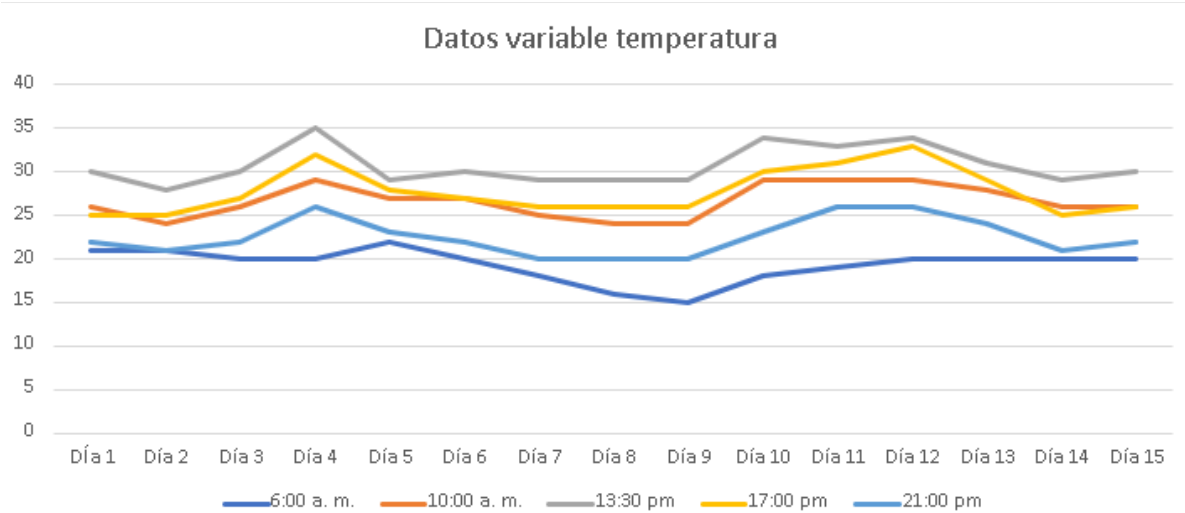
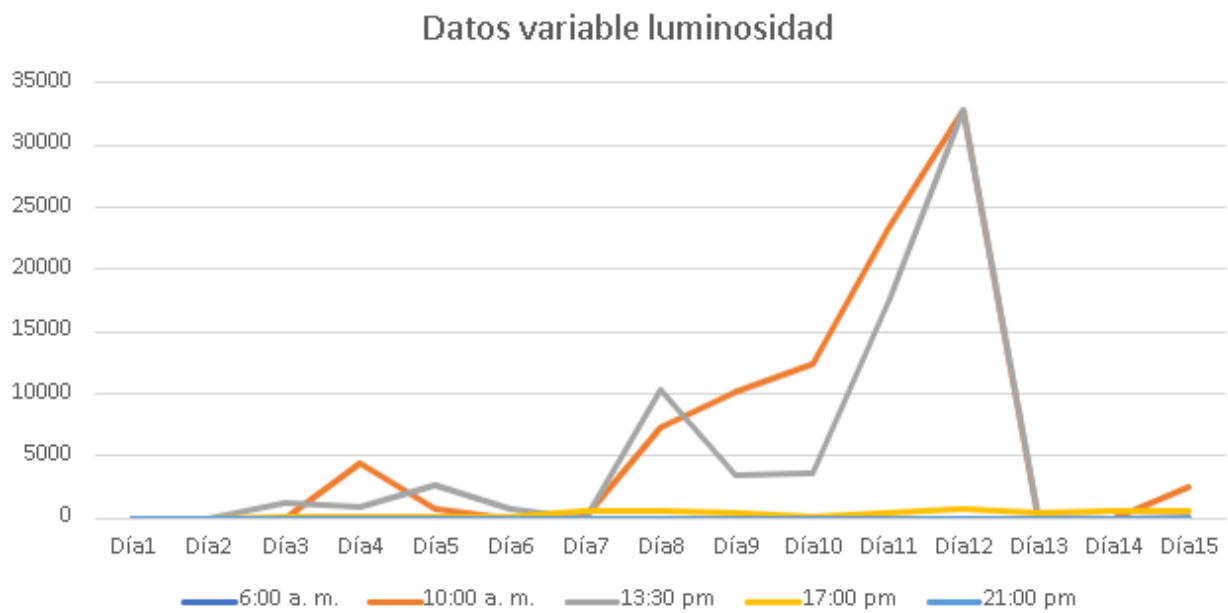


Ilustración 7 Datos de temperatura del aire tomados con un termómetro de máximas y mínimas (elaboración propia en Villa Nueva, Guatemala).

Chiquimula



Datos variable humedad atmosférica

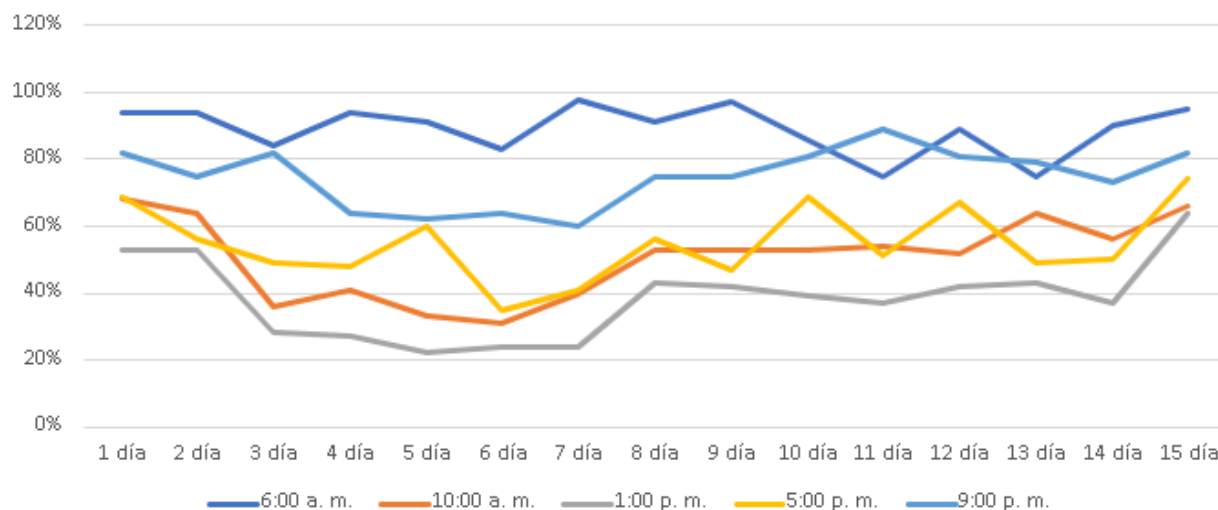


Ilustración 8 fotografías de los pilones (elaboración propia)

Conclusiones

En el desarrollo del proyecto las plantas de control se vieron afectadas por las diferencias climáticas en ambos sitios, pero con el sistema automatizado se eliminan esas diferencias, ya que al obtener los datos, se regula la humedad de las mismas.

Durante la implementación de este sistema se pudo establecer que los huertos que cuentan con riego de manera automática consumen una menor cantidad de agua (al menos 60% menos) que de manera manual.

La variación de temperatura a lo largo del año afecta la producción agrícola, la cual necesita un equilibrio entre asoleación y riego, acompañado de un suelo fértil y la presencia de polinizadores.

Agradecimientos

Agradecemos al proyecto Globe, Programa STEAM de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Universidad Galileo, Universidad de Guanajuato. Además por el apoyo del programa STEAM de parte de la Embajada de Estados Unidos en Guatemala, que nos permite participar en este evento.

Así mismo agradecemos a nuestros asesores; Dra. Waleska Aldana Segura y Dr. Julián Félix Valdez, por sus orientaciones, tiempo y acompañamiento proporcionado para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

- Aldana, W. Félix, J. (2020). Programa STEAM. Talleres STEAM. *JIASE*.
- Alimentaria, S., & Unidas, N. (s/f). *Factores socioculturales que inciden en la desnutrición crónica*.
- Amos, H. M., Starke, M. J., Rogerson, T. M., Colón Robles, M., Andersen, T., Boger, R., Campbell, B. A., Low, R. D., Nelson, P., Overoye, D., Taylor, J. E., Weaver, K. L., Ferrell, T. M., Kohl, H., & Schwerin, T. G. (2020). GLOBE Observer Data: 2016–2019. *Earth and Space Science*, 7(8). <https://doi.org/10.1029/2020EA001175>
- Fraisl, D., Campbell, J., See, L., Wehn, U., Wardlaw, J., Gold, M., Moorthy, I., Arias, R., Piera, J., Oliver, J. L., Masó, J., Penker, M., & Fritz, S. (2020). Mapping citizen science contributions to the UN sustainable development goals. *Sustainability Science*, 15(6). <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00833-7>
- GLOBE. (s/f). *Globe Protocols*. <https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide/soil-pedosphere>
- Hayden, L., Taylor, J., & Colon Robles, M. (2019). GLOBE: Connecting to community of observers directly to NASA Satellites. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 7(1). <https://doi.org/10.1109/MGRS.2019.2891930>
- Jamil, N. A. A., Jumaat, S. A., Salimin, S., Abdullah, M. N., & Nor, A. F. M. (2020). Performance enhancement of solar powered floating photovoltaic system using arduino approach. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 11(2). <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v11.i2.pp651-657>
- Martin, A., Miller-Bains, K., Malmberg, J., Chambers, L., & Czajkowski, K. (2022). Characterizing Student-Driven Research Investigations Contributed to the GLOBE Program Citizen Science Initiative in a Formal Education Context. *Citizen Science: Theory and Practice*, 7(1). <https://doi.org/10.5334/CSTP.480>
- Rosenblueth, A. (s/f). *El Método Científico*. https://defpca.ujed.mx/doc/material-de-apoyo-propedeutico/El_metodo_cientifico_Arturo_Rosenblueth.pdf
- Sheikh, A. (2022). A Review on Solar Powered Irrigation System Using Arduino UNO. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(1). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.39995>