



# Sistema de automatización de Huertos

STEAM Globe School Guatemala

César José Guzmán Pantaleón  
Guatemala, Chiquimula

Aron Alejandro López Gómez  
Guatemala, Villa Nueva

Asesores Académicos  
Waleska Aldana Segura  
Julián Félix Valdez  
César Ariel Guzmán Díaz



## Índice

Resumen	1
Badges obtenidos	1
Pregunta de investigación e hipótesis .....	1
Hipótesis de investigación .....	2
Materiales y Métodos	2
Arduino .....	2
Higrómetro de suelo.....	3
Placa Acondicionadora señal.....	3
Placa Relé .....	4
Moto bomba.....	4
Porta baterías .....	4
Recipiente de Agua.....	5
Baterías .....	6
Pilonera .....	6
Semilla de rábano.....	6
Sarán .....	7
Métodos	7
Datos obtenidos	11
Temperatura Atmosférica.....	12
Luminosidad .....	13
Presión atmosférica .....	13
Humedad atmosférica .....	14
Sitios de Investigación.....	14
Chiquimula(URL y IARNA, 2009).....	14
Villa Nueva(URL y IARNA, 2009).....	15
Análisis y Resultados	15
Discusión	16



Cronograma	17
Conclusiones	17
Agradecimientos	18
Referencias	18



## Resumen

Un proyecto innovador de automatización de riego por medio de un controlador Arduino el cual nos permite adquirir datos para poder establecer el desarrollo de las plantas seleccionadas. El proyecto se realizó en dos localidades con ecosistemas distintos, alejados 190 km entre sí.

El resultado luego de un mes de implementación fue que este proyecto permite manejar de mejor manera el recurso hídrico, mejorar la calidad de las plantas y tener una experiencia de aprendizaje interactiva transdisciplinaria que nos permitió conocer sobre agronomía, robótica y automatización.



## Badges obtenidos

**I am Collaborator:** Se realiza una colaboración en dos sitios diferentes donde cada estudiante tiene un rol principal y definido. Los asesores científicos también tienen roles definidos.

**Make an impact:** se busca un proyecto que provea un impacto positivo en las comunidades, el uso de recursos hídricos y suelo de acuerdo con el protocolo Globe de pedosfera.

**I am a STEM professional:** se contó con la asesoría del Dr. Julián Félix, físico a cargo del laboratorio Internacional de partículas elementales de la Universidad de Guanajuato quien nos ayudó con los procesos de investigación.

**I am an Engineer:** buscamos una solución tecnológica utilizando los métodos de la ingeniería y con el apoyo de un Ingeniero Agrónomo para optimizar el proceso.

## Pregunta de investigación e hipótesis

Se realizó la investigación en dos equipos distanciados 190 km con dos ecosistemas diferentes, pertenecientes al programa STEAM(Segura, 2016), parte de la GLOBE V School, para investigar temas de robótica, agricultura y otros. La acción que integra estos temas es el riego automatizado en los huertos familiares, de esto surgen varias interrogantes de investigación las cuales son:

- ¿Es un sistema de riego automatizado, mejor que los sistemas tradicionales?,
- ¿El crecimiento de la planta se desarrolla de mejor forma con el riego automatizado, en comparación con las maneras tradicionales?,
- ¿La planta crece de mejor manera controlando las variables?

Para responder a estas preguntas fue necesario investigar, poner en práctica y comprobar lo aprendido, se necesitan conocimientos sobre robótica, agricultura y biología.

De esta manera integramos nuestra preocupación por el uso del agua en procesos agrícolas familiares y la tecnología que aprendemos y utilizamos a diario.



## Hipótesis de investigación

De acuerdo con nuestro conocimiento previo, consideramos

- El sistema de automatización de huertos es mejor que otros métodos de riego tradicionales
- El automatizado de los huertos usa menos Agua,
- La automatización mejora las expectativas del crecimiento de la planta

Con estas hipótesis nos planteamos los siguientes objetivos

- Crear un sistema automático de riego, a través de un circuito con sensores de humedad.
- Implementar un huerto familiar con el uso de la tecnología.
- Aplicar conocimientos de robótica para la automatización del riego.
- Obtener una producción de alimentos en casa
- Identificar por medio de la observación científica y determinar los mejores parámetros para automatizar el riego en un huerto familiar.

## Materiales y Métodos

Los materiales que utilizamos fue necesario verificar que cumplieran con las necesidades de la planta para controlar las variables como la humedad y monitorear las restantes, los cuales fueron los siguientes.

### Arduino



La placa UNO R3(<https://www.arduino.cc/>, 2016) Controller Board 1PC es la que se encarga de registrar los datos los cuales comparte con la computadora por medio de un puerto USB.

*Ilustración 1 Fotografía de placa Arduino (fotografía A. López)*

## Higrómetro de suelo

Este tipo de sensor sirve para medir la humedad de la tierra, esta parte del circuito es una de las más importantes por las funciones que nos aporta, realiza la medición de la variación de conductividad en la tierra.



Ilustración 2 Higrómetro de suelo  
(Fotografía A. López)

## Placa Acondicionadora señal

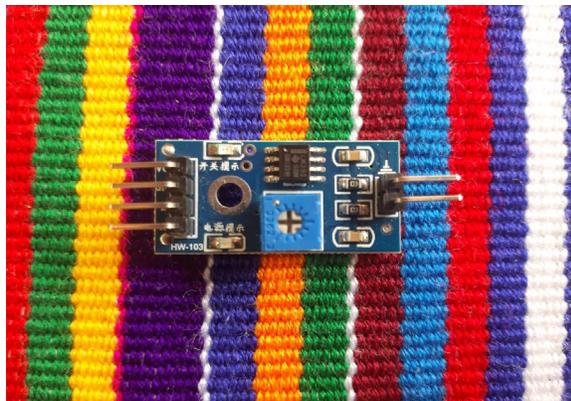


Ilustración 3 Placa acondicionadora de Señal  
(Fotografía A. López)

La placa acondicionadora de señal es la parte del circuito que se encarga de interpretar los datos recibidos del higrómetro para hacerlos entendibles para los usuarios. Tiene un regulador que envía una señal para activar la bomba de agua.

## Placa Relé

La placa rele sirve como un encendedor/apagador para el circuito, ya que recibe la señal del acondicionador de señal, despliega la electricidad de recibida por las baterías, la cual va a activar la bomba.



Ilustración 4 Placa relé utilizada (Fotografía A. López)

## Moto bomba



Ilustración 5 Motobomba utilizada (fotografía A. López)

La bomba es un elemento indispensable ya que es la que suministra el agua de las plantas. Esta bomba sumergible puede utilizarse en orientación vertical u horizontal. La bomba es capaz de pasar 80 litros en una hora.

## Porta baterías

Es el espacio en la cual las baterías se colocan y hace el que alimenta al circuito.



Ilustración 6 Porta baterías (fotografía A. López)

### Maceta con tierra negra



*Ilustración 7 Maceta con tierra negra (fotografía de A. López)*

Puede ser cualquier tipo de tierra, es un recurso que se encuentra en todos lados, la tierra negra es ideal para cualquier siembra casera, contiene los nutrientes bases para el crecimiento de las plantas. Para esta investigación se utilizó tierra negra, tratada con vapor de agua para que pudiera ser inocua a plagas durante el proceso de germinación.

### Recipiente de Agua

El agua contribuye enormemente al crecimiento ya que una de sus funciones es ser el transporte de los nutrientes que están en la tierra.



*Ilustración 8 Fotografía de recipiente con agua (Fotografía A. López)*

## Baterías



Ilustración 9 baterías utilizadas (fotografía de A. López)

El circuito necesita energía eléctrica para su funcionamiento, la imagen de las baterías puede cambiar, el circuito necesita 4 baterías tamaño AA de 1.5V. Estas suministran una alimentación portátil y accesible al sistema.

## Pilonera

La pilonera en donde pasaron los primeros 8 días de crecimiento de la planta, se trabajó con la pilonera para mantener a salvo la planta de hongos o bacterias en su momento más delicado, cuando acaba de germinar.



Ilustración 10 Pilonera (fotografía A. López)



Ilustración 11 Semillas utilizadas (fotografía C. Guzmán)

## Semilla de rábano

En este caso se decidió usar la semilla de rábano ya que es de un ciclo corto, como la semilla de cilantro que también se utilizó en el proyecto como un huerto de respaldo.



## Sarán

El sarán nos sirve para minimizar la luz del sol que recibe la planta en sus primeros días, para cuidarla de ser dañada por el sol y para que obtenga la luz necesaria para realizar de manera correcta su proceso de crecimiento. El Sarán limitó a 80% la intensidad solar.



*Ilustración 12 Sarán, fotografía C. Guzmán.*

## Métodos

Para intercambiar información sobre los procesos de las plantas, se realizó a través de reuniones virtuales con expertos en los temas de agricultura, agronomía y robótica. Esto se planificó a través de un cronograma de actividades, con el fin de realizar un proceso más tecnológico en el experimento y también mejorar las calidades de crecimiento de la planta, para la cual la respuesta a la que llegamos fue automatizar el riego, obteniendo un mejor control del agua utilizada en el huerto y darle un mejor uso a este recurso tan importante y limitado.

La automatización de riego busca aprovechar de mejor manera el recurso hídrico. (Lugo Espinosa et al., 2018). Con la información obtenida de la investigación inicial se determinó que la opción más viable era utilizar un controlador Arduino (Nano et al., n.d.) era utilizar un controlador de bajo costo pero que nos permitiría manejar varios dispositivos a la vez.

La automatización del recurso hídrico nos permite no utilizar agua en exceso o menos de lo necesario para que las plantas se desarrollen adecuadamente. (FAO, 2009). Utilizando de mejor manera el recurso nos permite adecuar el sistema a diversos climas y zonas de vida.



Así mismo, se analizó el proceso de trasplante a maceta se realiza en el octavo día cuando la planta se encuentra en un estado que soportaría el movimiento, luego en la maceta completaría su ciclo, se habló sobre el crecimiento de la planta, sus características y sobre todo las variables afectan a la planta, cada una de las variables afecta de diferente forma a la planta y que influyen en su crecimiento, por lo que en dichas reuniones se estableció que las variables que se tomarían en cuenta son las siguientes:

- Luminosidad: La variable de luminosidad es muy importante para el proceso de alimentación de la planta: Esta variable fue tomada por medio del celular a través de la aplicación luxómetro y las medidas fueron tomadas en la unidad LX.(Lux Meter App, n.d.)
- Conductividad eléctrica: La variable de conductividad eléctrica es la cantidad de nutrientes disueltos en el agua administrada al agua. Esta variable fue tomada por Total de Sólidos Disueltos (TDS) (TDS, n.d.) en partes por millón con la ayuda de un aparato especializado que también tiene la capacidad de mostrar la información en Siemens.
- Temperatura Atmosférica: Es importante considerar la variable de la temperatura atmosférica ya que las plantas necesitan una temperatura estándar para su crecimiento. Esta variable fue tomada por medio de pronósticos del clima en la unidad de grados centígrados (C°), de la página weather.
- Presión Atmosférica: La presión atmosférica importante ya que influye en la manera en la que las esporas de la planta que son por los cuales se alimenta se abran de manera adecuada. Esta variable fue tomada en la unidad de milibares (mBar), por medio de la página weather.(Weather, n.d.)
- Humedad Atmosférica: Es la variable que nos indica si la planta podrá realizar la transpiración. Esta variable también fue tomada en la unidad de porcentaje relativo, por medio de la página weather.

Derivado del análisis de esta información se determinó que las opciones más viables de semillas para realizar este proyecto fue el rábano y el cilantro, las cuales se planeó un crecimiento simultáneo para comparar la rapidez de su ciclo de germinación, la manera en la que se desarrolló el proceso del huerto de la siguiente forma:



Paso 1: Se inicia el sembrado de las semillas en piloneras. Una variable en contra era como mantener la humedad en el pilón, se resolvió colocando la pilonera en agua hasta la mitad de cada celda, el agua estancada es un factor que afecta a las plantas y su absorción de nutrientes entonces la manera de evitar que pase eso en el agua se le tiene que oxigenar ya sea con una bomba de agua la cual regrese el agua al mismo lugar, una opción más fácil sería con una bomba de aire, las cuales se suelen usar en peceras para el mismo problema presentado y también cambiando el agua regularmente.

Paso 2: Se tomaron datos 5 veces al día para mantener un registro de información constante en el día sobre el estado de la planta, lo cual se registró en una bitácora cada vez que se tomaban datos, para mantener información constante y verídica sobre el crecimiento y estado de la planta, como se puede observar en la siguiente imagen.

Tabla 1 Tabla ejemplo de recolección de datos (elaboración propia)

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 13 plántulas en crecimiento en la pilonera (fotografía A. López)

Paso 3: Durante los primeros 3 días de haber sembrado la semilla se cubre con el sarán para mantener en completa oscuridad, con el fin que no se vea afectada por la luminosidad del sol, ya que es un punto delicado de la planta.

Paso 4: Se cubrió el lugar donde se establece la pilonera con un sarán por la misma razón por la que se cubrió la planta por completo, pero también con el sarán se toma en cuenta que la planta necesita de la luz del sol para realizar correctamente su proceso de crecimiento.



Ilustración 14 proceso de traspaso de plantas (Fotografía A. López)

Paso 5: Transcurrido 6 días de haber sembrado las semillas y estar cubiertas con el sarán se trasplantó de la pilonera a una maceta, la cual se preparó previamente la tierra y la maceta para recibir las plantas en un ambiente adecuado, cuando se realizó el proceso antes de retirar las plantas se vierte agua caliente a la tierra de la maceta para eliminar cualquier bacteria que puede afectar a la planta.

El proceso de trasplantar una planta de la pilonera a una maceta es un proceso delicado que se tiene que realizar con extrema cautela para no dañar las raíces de la planta, se empieza a trasplantar cuando la tierra ya está fría. Se abren hoyos en la tierra para colocar la planta junto a sus raíces, se recubre con tierra para que solo queden las hojas sobre la tierra, este proceso recibe el nombre de aporcar.

Paso 6: Luego del proceso de trasplante, la planta pasará el resto de su ciclo de crecimiento, en este punto es cuando el circuito de riego automatizado empieza a

suministrar agua a la planta, ARDUINO es una herramienta de programación con la cual recibimos los datos enviados por el sensor de humedad los cuales nos da la opción de guardar los datos para llevar un registro sobre las fluctuaciones de humedad de la planta, la bomba tiene que estar sumergida en un envase de agua y en la boquilla de la bomba se conecta la manguera con hoyos, la cual tiene que pasar por en medio de la maceta para humedecer uniformemente la tierra medición humedad.



Ilustración 15 sistema de riego automatizado (fotografía A. López)

Paso 7: Se administró fertilizante con los nutrientes necesarios para la planta, estos se administran en forma sólida alejados de las raíces para no dañar a las plantas. Con la ayuda de los fertilizantes la planta da un fruto sano y con el cual se puede dar por terminado el proceso de las plantas, aunque también se puede continuar con el proceso para que produzca semillas e iniciar un nuevo ciclo.

## Datos obtenidos

Conductividad Eléctrica del Agua

Fue tomada en la unidad TDS por partes por millón.

Como se puede observar en la gráfica aparecen diferentes colores, estos representan los horarios en lo que fueron tomados los datos en un periodo de 15 días, podemos ver cómo en cada horario y día se dan las variaciones conforme la variable de la conductividad eléctrica del agua.

El día 3, 9, 12 se realizó un cambio de agua al pilón.

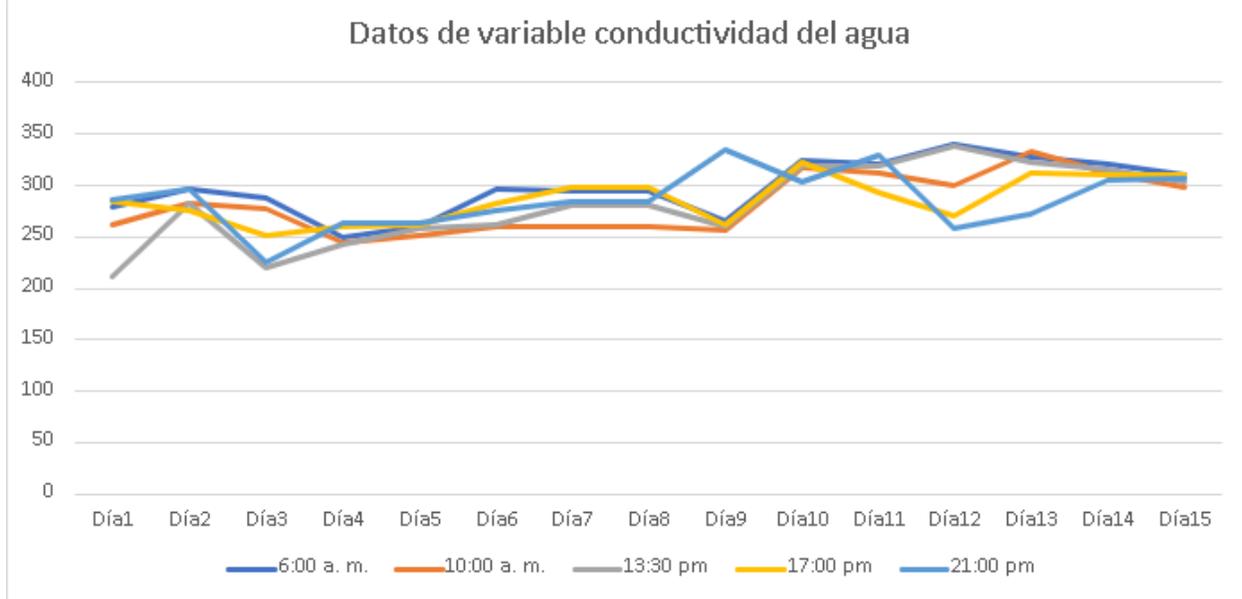


Ilustración 16 Gráfica de conductividad del agua (elaboración propia)

## Temperatura Atmosférica

Esta variable fue escogida en la unidad de grados centígrados.

En la gráfica cada color representa un horario diferente, en los cuales se tomaron datos, dicha variable presentó cambios más drásticos ya que cada día varía la temperatura.

En la capital de Guatemala se presentaron varios frentes fríos los cuales también afectaron la locación de Villa Nueva y se puede notar en los días 12 y 13

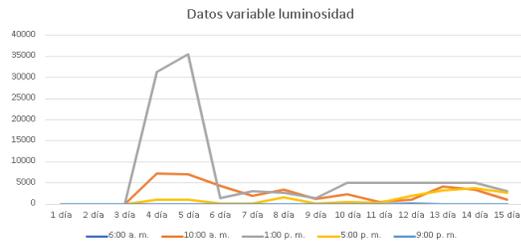
Villa Nueva



Ilustración 17 Datos de temperatura atmosférica (elaboración propia con datos de Weather y GLOBE)

## Luminosidad

### Chiquimula



### Villa Nueva

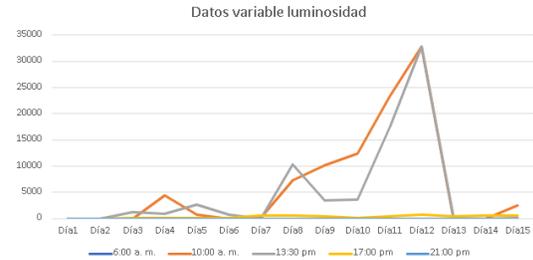


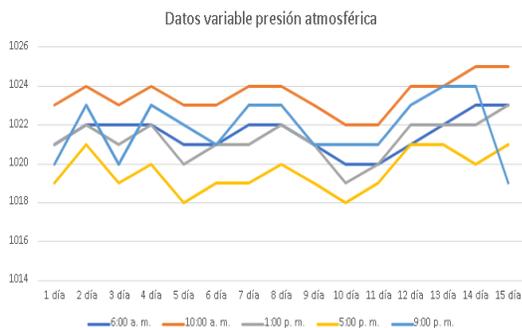
Ilustración 18 datos de luminosidad (elaboración propia con datos de LUX)

Esta variable fue tomada en la unidad LX. En esta gráfica cada color representa una hora diferente en la cual se tomaron los datos, como observamos en las gráficas entre los días 3 y 6 encontramos picos de luminosidad recibida por las plantas, debido a la intensidad del sol.

## Presión atmosférica

Esta variable fue está en la unidad milibares. En esta variable no se grafica demasiado cambio ya que es una cualidad del planeta, aunque siempre habrá variaciones en ella en diferentes lugares como lo vemos en estas gráficas en las que, durante la toma de datos por 15 días, la variación fue mínima.

### Chiquimula



### Villa Nueva

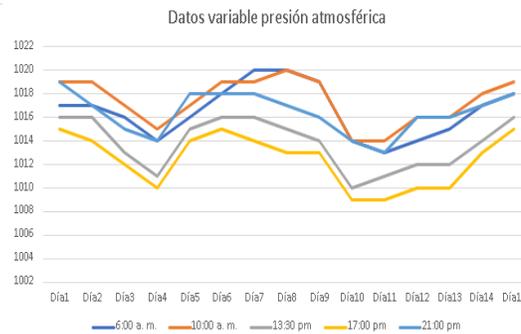


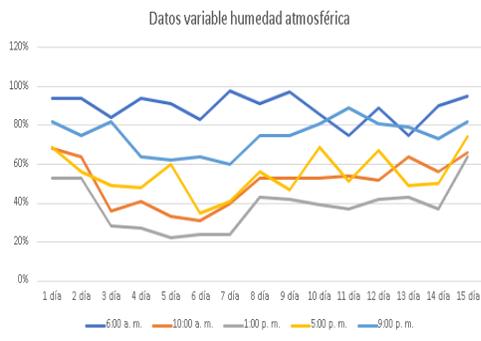
Ilustración 19 Datos de presión atmosférica (elaboración propia datos de Weather y Globe)

## Humedad atmosférica

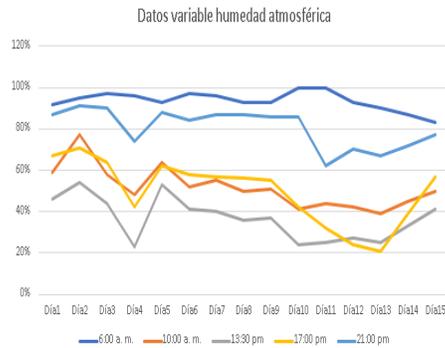
Esta variable fue medida en porcentaje relativo

En la gráfica se presenta la hora del día cuando se tomó los datos, lo cual evidencia un rango de la variación entre 0% hasta 100% en términos de humedad relativa.

### Chiquimula



### Villa Nueva



*Datos de humedad (elaboración propia datos de Weather y Globe)*

## Sitios de Investigación

Chiquimula(URL y IARNA, 2009)

Guatemala, Chiquimula, Chiquimula

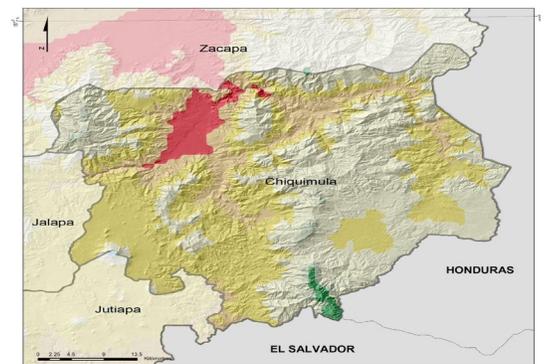
Código de la zona de vida bms-T

Bosque muy seco tropical

Piso altitudinal Basal

Provincia de humedad Muy Seco

Altura snm 424m



*Ilustración 19 mapa del Municipio (IARNA)*

Fotografías de la Ubicación del sitio según protocolo GLOBE

Oeste



Norte



Este



Sur



*Ilustración 20 Fotografía del sitio Chiquimula (fotografía C. Guzmán)*



Estos sitios se establecieron de acuerdo a los protocolos GLOBE de suelos (GLOBE, n.d.)

Villa Nueva(URL y IARNA, 2009)

Código de la zona de vida  
bh-T

Bosque Húmedo Tropical  
Piso altitudinal Montano  
Provincia de humedad Húmedo  
Altura snm 1316m



Ilustración 21 mapa del municipio de Villa Nueva

Norte:

Este:

Oeste:

Sur:

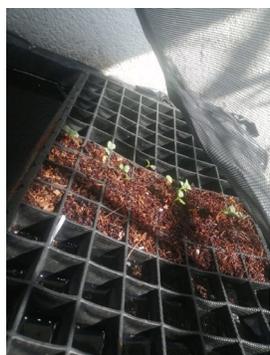


Ilustración 22 Fotografía del sitio en Villa Nueva (fotografía A. López)

## Análisis y Resultados

Al realizar el análisis de las gráficas anteriormente presentadas se observa que existe una variación en la luminosidad, en la humedad atmosférica y la presión atmosférica en relación a los días, horario y lugar en la que fueron medidas, se evidencia que hay días en los que se marca mucho la diferencia, así mismo al observar esta representación de la información nos lleva a establecer los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos planteados, donde se implementó el sistema automatizado de riego este ayudó mucho en el proceso de el cuidado de las plantas utilizando los conocimientos obtenidos sobre el uso de sensores y controladores, lo cual se desarrolló de una manera funcional en ambas localidades.



Por otro lado, se logró que ambos huertos fueran trabajados en familia, así como la aplicación de conocimientos de robótica adquiridos fueran puestos en práctica para la implementación de este.

Referente al cuarto objetivo sigue en proceso debido a que las plantas aún no se han desarrollado, para ser comestibles, y en relación con el quinto objetivo se alcanzó, ya que obtuvimos datos sobre cómo mejorar la producción de plantas y también tenemos experiencias que ayudan a mejorar la producción

Así mismo, la hipótesis fue comprobada de forma acertada, debido a la comparación de las plantas de control, con las plantas del sistema automático de riego se desarrollaron mejor y un poco más rápido. Como también la segunda hipótesis fue verdadera en cuanto a la eficiencia del agua nos referimos, debido a que si bien el sistema usa agua a cada momento la relación entre el agua usada y su eficiencia es alta. Y la tercera hipótesis también fue comprobada, pues, las plantas con el sistema automático de riego crecieron mucho más rápido que las plantas de control

## Discusión

A inicio de este proyecto se planteó algunos aspectos como hipótesis, en las que, al avanzar en el desarrollo de este, se pudo comprobar la primera que el sistema de automatización de riego de huertos, es mejor que los métodos tradicionales, ya que él tiene un mejor aprovechamiento del agua y puede protegerse de mejor manera las plantas, ya que, al ser monitoreadas constantemente, se puede ir regulando la humedad y la temperatura de las mismas.

Así también se observó que la diferencia de clima si puede influir en el desarrollo y tamaño de las plantas el cual puede variar de acuerdo con el clima, humedad y la cantidad de fertilizantes que pueda recibir.

Se mantuvieron macetas de control de las cuales el éxito de germinación fue menor al 10%.

Las plantas de control no tienen el mismo rendimiento que las plantas con riego automatizado, evidenciando que el exceso o falta de agua es un factor limitante para la adquisición de nutrientes del suelo.

El período evaluado comprende el invierno boreal, que en este período presentó varias heladas y lluvias significativas, lo que explica las variaciones climáticas entre ambos sitios.



## Cronograma

Actividad	Enero				Febrero				Marzo			
	1a. sem	2a. sem	3a. sem	4a. sem	1a. sem	2a. sem	3a. sem	4a. sem	1a. sem	2a. sem	3a. sem	4a. sem
Planeación	■											
Selección de cultivos	■		■									
Selección de Sitios	■		■									
Establecimiento de huertos		■										
Construcción de circuitos automatizados para el riego		■										
Inclusión de Arduino		■										
Monitoreo de Huertos		■										
Elaboración de reportes										■		

## Conclusiones

Este proyecto nos llevó a confirmar que, sin el riego automatizado, las plantas se desarrollan menos efectivamente, prueba de ello fue que con el riego manual no se obtuvieron los mismos resultados, pues las plantas no se desarrollaron de igual manera. 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 éstas.



Otro de los aspectos a los que se concluyó es que las plantas seleccionadas no son óptimas para iniciarlos en piloneras y trasladarlos al suelo.

Con la automatización de riego se utiliza de mejor manera el recurso hídrico.

## Agradecimientos

Agradecemos al proyecto Globe, Programa STEAM de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Universidad Galileo, Universidad de Guanajuato y Lecto sapiens, 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, Dr. Julián Félix Valdez y al Ing. César Ariel Guzmán Día, por sus orientaciones, tiempo y acompañamiento proporcionado para el desarrollo de este proyecto.

## Referencias

- FAO. (2009). How to Feed the World in 2050. *Insights from an Expert Meeting at FAO, 2050(1)*, 1–35. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2009.00312.x>
- GLOBE. (n.d.). *Globe Protocols*. <https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide/soil-pedosphere>
- <https://www.arduino.cc/>. (2016). Arduino - Home. In *Hardware*.
- Lugo Espinosa, O., Quevedo Nolasco, A., Bauer Mengelberg, J. R., Del Valle Paniagua, D. H., Palacios Vélez, E., & Águila Marín, M. (2018). PROTOTIPO PARA AUTOMATIZAR UN SISTEMA DE RIEGO MULTICULTIVO. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5). <https://doi.org/10.29312/remexca.v2i5.1616>
- Lux Meter App*. (n.d.). <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tsang.alan.lightmeter>
- Nano, A., Ide, A., Bootloader, N., & Bootloader, O. (n.d.). *Elegoo Nano FAQ*.
- Romano, M., Bucklin, M., Gritton, H., Mehrotra, D., Kessel, R., & Han, X. (2019). A Teensy microcontroller-based interface for optical imaging camera control during behavioral experiments. *Journal of Neuroscience Methods*. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2019.03.019>
- Segura, W. A. (2016). Experiencias STEAM para profesores de Enseñanza Media . *Facultad de Educación - Universidad Galileo*.
- TDS. (n.d.). *TDS conductivity soil meter*. <https://www.garnelenhaus.com/gh-goods/conductivity-meter-microsiemens-tds>
- URL y IARNA. (2009). Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009: las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo. In *Journal of Chemical Information and Modeling: Vol. xx (Issue 11)*.
- Weather. (n.d.). *Weather Forecast*. <https://weather.com/es-GT/tiempo/hoy//GTXX0002:1:GT?Goto=Redirected>