

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones.

TRABAJO DE TITULACIÓN

“ANÁLISIS, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO EBB AND FLOW AUTOMATIZADO PARA LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR”

Autor:

Cristian Daniel Porras Pumalema

Tutor:

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD

Riobamba – Ecuador

Año 2021

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título:
“ANÁLISIS, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO
EBB AND FLOW AUTOMATIZADO PARA LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR”
presentado por: Cristian Daniel Porras Pumalema, dirigido por:

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación
con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las
observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la
Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman.

Ing. Carlos Pañafiel. Mgs.

Presidente del Tribunal



Firma

Ing. José Jinez. Mgs.

Miembro del Tribunal



Firma

Dr. Leonardo Rentería. PhD.

Miembro del Tribunal



Firma

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

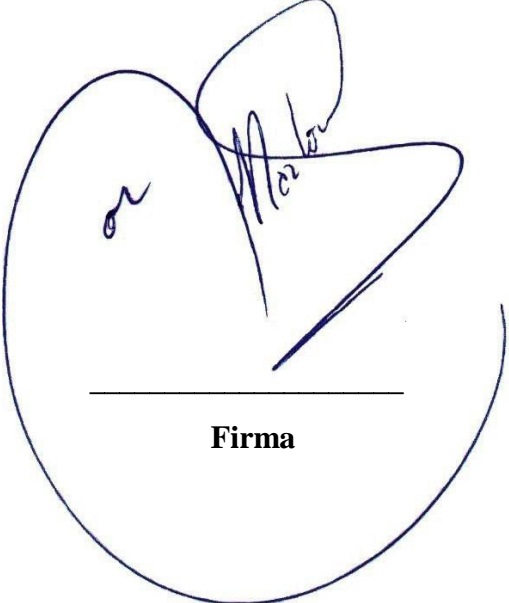
En calidad de tutor del tema de investigación “ANÁLISIS, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO EBB AND FLOW AUTOMATIZADO PARA LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR.” realizado por el Sr. **Cristian Daniel Porras Pumalema**, para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentada públicamente y evaluada por el jurado examinador que se designe.

Riobamba, Abril 2021

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD

C.I. 060275643-9

TUTOR:



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación corresponde exclusivamente a: **Cristian Daniel Porras Pumalema, Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD, Fundación EcoSur Sede Riobamba** y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Cristian Daniel Porras Pumalema

C.I. 0603603960

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi amada madre Bertha Cumandá Pumalema Morocho, quien con su amor incondicional me brindó sabios consejos, apoyo y confianza. Por ello su bella memoria, será un ejemplo y quedará grabada siempre en mi mente y corazón.

A mi padre Guillermo Polivio Porras Cortez, quien ha compartido conmigo tristezas y alegrías, brindándome su apoyo incondicional, inculcándome valores y motivándome siempre a cumplir mis proyectos.

Cristian Porras.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la bendición de la vida y por la oportunidad de compartir con seres humanos extraordinarios, familia y amigos.

A mi tío, Ing. Manuel Pumalema Morocho, quien con su ejemplo de trabajo y perseverancia me apoyó durante mi vida académica siendo ahora parte del inicio de mi carrera profesional.

A mi tutor Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD por sus valiosas enseñanzas en esta etapa importante que enmarca la culminación de la etapa universitaria.

Cristian Porras.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. General.....	4
1.2.2. Específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	6
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA.....	10
2.2.1. Cultivos Hidropónicos.....	10
2.2.2. Sistema Hidropónico EBB and FLOW.....	11
2.2.3. Influencia de las variables climáticas en el cultivo	12
2.2.4. Elementos del sistema.....	13
2.2.5. Sensores.....	14
2.2.6. Actuadores.....	15
2.2.7. Bandeja de inundación hidropónica y soporte.....	16
2.2.8. Software	17
2.2.8.1. Python	17
2.2.8.2. Python en Visual Code Studio	17
2.2.8.3. Raspberry Pi OS (Raspbian).....	18
2.2.8.4. SolidWorks 2016.....	18
2.2.8.5. SQLite.....	18

2.2.9. Protocolos de Comunicación.....	19
2.2.9.1. Comunicación Wi-Fi.....	19
2.2.9.2. Comunicación Serial.....	19
2.2.9.3. Protocolo RFB	20
CAPÍTULO III	21
3.1. METODOLOGÍA	21
3.1.1. Tipo de Estudio	21
3.1.2. Métodos de Investigación	21
3.1.3. Técnicas de investigación	22
3.1.4. Instrumentos de la Investigación.....	22
3.1.5. Población de estudio	23
3.1.6. Tamaño de la muestra	23
3.1.7. Operalización de las variables	24
3.1.8. Procedimiento y Análisis	25
3.1.8.1. Diagrama de funcionamiento del sistema electrónico y eléctrico del cultivo hidropónico automatizado EBB and FLOW.....	25
3.1.8.2. Simulación de infraestructura para la instalación del sistema automatizado del cultivo hidropónico EBB and FLOW.....	26
3.1.8.3. Dimensionamiento y construcción de infraestructura para cultivo hidropónico EBB and FLOW.....	27
3.1.8.4. Diseño del circuito electrónico y conexiones para los distintos componentes del sistema.	30
3.1.8.5. Conexiones actuadores.	31
3.1.8.6. Programación del sistema automático del cultivo hidropónico EBB and FLOW	32
3.1.8.7. Proceso para el sembrío de Lechuga hidropónica	35
CAPÍTULO IV	40
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40

4.2. TABLA COMPARATIVA DE UN CULTIVO TRADICIONAL EN TIERRA Y UN SISTEMA HIDROPÓNICO EBB & FLOW AUTOMATIZADO.	40
4.3. COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL CULTIVO HIDROPÓNICO EBB & FLOW AUTOMATIZADO.....	41
4.4. SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL CULTIVO HIDROPÓNICO EBB and FLOW.	42
4.5. INTERFAZ GRÁFICA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL CULTIVO HIDROPÓNICO EBB and FLOW.....	43
4.6. ALMACENAMIENTO DE DATOS MEDIANTE SQLITE EN EL PERIODO DE CULTIVO.....	45
4.9. ANÁLISIS DE RESULTADOS VOLUMEN Y MASA DE LA LECHUGA BLACK SEED SIMPSON.....	46
4.9. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA.....	53
4.9.1. Prueba de hipótesis	53
4.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	55
CAPÍTULO V.....	57
5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1.1. Observaciones.....	57
5.1.2. Conclusiones.....	57
5.1.3. Recomendaciones.....	58
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Proceso del modelo del sistema de monitoreo</i>	6
Figura 2 <i>Diagrama de control de Variables para el cultivo automatizado</i>	7
Figura 3 <i>Diagrama de control de Variables para el invernadero automatizado</i>	8
Figura 4 <i>Sistema hidropónico EBB and FLOW riego controlado mediante timer</i>	9
Figura 5 <i>Tipos de Cultivos Hidropónicos</i>	11
Figura 6 <i>Sistema Hidropónico EBB and FLOW</i>	12
Figura 7 <i>Entorno de Visual Studio Code-Python</i>	17
Figura 8 <i>Entorno SolidWorks 2016</i>	18
Figura 9 <i>Esquema Comunicación serial</i>	20
Figura 10 <i>Esquema RBF Protocol</i>	20
Figura 11 <i>Diagrama de Funcionamiento del sistema electrónico.</i>	25
Figura 12 <i>Simulación del sistema hidropónico automatizado EBB and FLOW</i>	26
Figura 13 <i>Bandeja hidropónica y soporte</i>	27
Figura 14 <i>Bandeja de semillero y canastillas.</i>	28
Figura 15 <i>Depósito de agua con solución nutritiva.</i>	28
Figura 16 <i>Cableado eléctrico para los actuadores</i>	29
Figura 17 <i>Caja de acrílico para los componentes electrónicos</i>	30
Figura 18 <i>Conexiones del sistema automático hidropónico EBB and FLOW</i>	31
Figura 19 <i>Conexión actuadores</i>	32
Figura 20 <i>Diagrama 1 algoritmo en (Python- Tkinter) del sistema automático del cultivo hidropónico EBB and FLOW</i>	33
Figura 21 <i>Diagrama 2 algoritmo (Arduino) del sistema automático del cultivo hidropónico EBB and FLOW</i>	34
Figura 22 <i>Preparación solución nutritiva</i>	37
Figura 23 <i>Aplicación de fertilizantes.</i>	37
Figura 24 <i>Sistema de medición y control de las variables climáticas, pH.</i>	39
Figura 25 <i>Instalación infraestructura cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado</i>	42
Figura 26 <i>Dispositivo para el monitoreo y control del cultivo hidropónico EBB and FLOW</i>	42
Figura 27 <i>Componentes del dispositivo para el monitoreo y control del cultivo hidropónico EBB and FLOW</i>	43

Figura 28 <i>Interfaz para el monitoreo y control del sistema</i>	44
Figura 29 <i>Interfaz desde dispositivo móvil mediante servidor VNC.</i>	44
Figura 30 <i>Sistema hidropónico automatizado EBB and FLOW implementado.</i>	45
Figura 31 <i>Archivo sample.db en DB Browser for SQLite</i>	46
Figura 32 <i>Gráficas volumen (mm³) de 6 lechugas sembradas en tierra a cielo abierto...</i>	49
Figura 33 <i>Gráficas masa (gr.) de 6 lechugas sembradas en tierra a cielo abierto</i>	49
Figura 34 <i>Gráficas volumen (mm³) de 6 lechugas en cultivo hidropónico EBB and FLOW</i>	52
Figura 35 <i>Gráficas masa (gr.) de 6 lechugas en cultivo hidropónico EBB and FLOW</i>	52
Figura 36 <i>Carta de aval de la Fundación EcoSur-Ecuador</i>	67
Figura 37 <i>Carta de apoyo de la Fundación EcoSur-Ecuador</i>	68
Figura 38 <i>Comandos para instalar VNC-server</i>	69
Figura 39 <i>Comandos para activar vnc-server</i>	69
Figura 40 <i>Autenticación VNC Server</i>	70
Figura 41 <i>Acceso remoto entorno gráfico de Raspbian en la Raspberry Pi 4 b</i>	70
Figura 42 <i>Shield del circuito electrónico y PCB</i>	71
Figura 43 <i>Análisis estadístico de los datos importados de BD Browser for Sqlite3 a Excel.</i>	79
Figura 44 <i>Dimensiones de lechuga sembradas en tierra a cielo abierto durante 83 días.</i>	82
Figura 45 <i>Dimensiones de lechugas hidropónicas EBB & FLOW durante 83 días.</i>	83
Figura 46 <i>Volumen y masa lechugas (Black Seeded Simpson) sembradas en tierra a cielo abierto.</i>	84
Figura 47 <i>Volumen y masa lechugas (Black Seeded Simpson) hidropónicas EBB & FLOW</i>	
Figura 48 <i>Datos y resultados de la encuesta degustativa.</i>	86
Figura 49 <i>Porcentajes y gráficas de número de selecciones para cada pregunta en la encuesta degustativa.</i>	87
Figura 50 <i>Modelo encuesta de degustación.</i>	92
Figura 51 <i>Fotos personas encuestadas en la degustación.</i>	93
Figura 52 <i>Fotos desarrollo del proyecto.</i>	94
Figura 53 <i>Medidas de la carcasa protectora del dispositivo prototipo Autocad 2010</i>	95
Figura 54 <i>Presupuesto financiero total</i>	96
Figura 55 <i>Datasheet Raspberry Pi 4 b</i>	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Elementos del sistema</i>	13
Tabla 2 <i>Sensores</i>	14
Tabla 3 <i>Actuadores</i>	15
Tabla 4 <i>Bandeja de inundación hidropónica</i>	16
Tabla 5 <i>Familia de protocolos IEEE 802.11</i>	19
Tabla 6 <i>Operalización de las variables</i>	24
Tabla 7 <i>Número de cable norma AWG</i>	29
Tabla 8 <i>Solución Nutritiva para tanque de 200 litros</i>	36
Tabla 9 <i>Solución Nutritiva para tanque de 50 litros</i>	36
Tabla 10 <i>Requerimientos ambientales y químicos de la Lechuga hidropónica</i>	38
Tabla 11 <i>Comparación cultivo tradicional en tierra y cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado</i>	40
Tabla 12 <i>Materiales para instalación de la infraestructura cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado</i>	41
Tabla 13 <i>Muestra de datos aleatorios de volumen (mm³) y masa (gr.) lechugas Black Seed Simpson en tierra a cielo abierto</i>	47
Tabla 14 <i>Análisis de datos estadístico (muestra) de volumen (mm³) y masa (gr.) lechugas Black Seed Simpson en tierra a cielo abierto</i>	48
Tabla 15 <i>Muestra de datos aleatorios volumen (mm³) y masa (gr.) lechugas hidropónicas EBB and FLOW</i>	50
Tabla 16 <i>Análisis de datos estadístico (muestra) de volumen (mm³) y masa (gr.) lechugas Black Seed Simpson hidropónicas EBB and FLOW</i>	51
Tabla 17 <i>Datos lechuga prueba hipótesis volumen</i>	53
Tabla 18 <i>Datos lechuga prueba hipótesis masa</i>	54
Tabla 19 <i>Tabla comparativa de crecimiento: lechugas hidropónicas EBB and FLOW y lechugas sembradas en tierra fértil a cielo abierto</i>	88

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se diseñó e implementó un sistema hidropónico EBB and FLOW automatizado en la sede de la fundación EcoSur- Riobamba. Se inició con una evaluación y planeación de los objetivos a cumplir en este proyecto investigativo mediante investigación aplicada, experimental, explicativa y los métodos descriptivo e investigativo experimental, luego se desarrolló y construyó un dispositivo prototipo el cual está integrado por dispositivos electrónicos pantalla TFT3,5’’ con una interfaz gráfica en Python 3.6.5 - módulo Tkinter, Raspberry Pi 4 b y Arduino Uno. Estos dispositivos controlan los sensores de temperatura, humedad (DHT11), radiación UV (ML8511), pH y un módulo relés x8 para la activación de los actuadores. El sistema genera una base de datos (SQLite3) de las variables climáticas ambientales y químicas, posee además un servidor VNC para la conexión desde dispositivos remotos vía Wi-Fi para el monitoreo y control en tiempo real de las variables mencionadas.

En el Primer Capítulo se plantea el problema y los objetivos de la Investigación. En el Segundo Capítulo se resume sistemáticamente la Fundamentación Teórica. En el Tercer y Cuarto Capítulo se desarrolló la Metodología de la investigación obteniendo como resultados una validación cuantitativa del Prototipo Implementado mediante un análisis estadístico descriptivo de la población para Lechugas Black Seed Simpson comparándolas entre las cultivadas mediante el cultivo EBB and FLOW y aquellas a cielo abierto. Por último, en el Capítulo Quinto se discuten las conclusiones y Recomendaciones del trabajo de Investigación.

Palabras claves: Automatización, EBB, FLOW, Raspberry Pi, Widgets, Tkinter.

ABSTRACT

In this research project, an automated EBB and FLOW hydroponic system was designed and implemented at EcoSur-Riobamba foundation. It started with the evaluation and the planning of the objectives to reach in this research project. Through the applicative, experimental, explanatory research, and descriptive and experimental research methods, a prototype device was developed and built, integrated by electronic devices TFT screen 3,5" with a graphical interface in Python 3.6.5 - Tkinter module, Raspberry Pi 4 from Arduino Uno. These devices control the temperature, humidity (DHT11), UV radiation (ML8511), pH sensors and a x8 relay module to activate actuators. The system generates a database (SQLite3) of the environmental and chemical climatic variables, it also has a VNC server for connection from remote devices via Wifi for real-time monitoring and control of the mentioned variables.

The problem and the objectives of the Investigation are in the First Chapter. The Theoretical Foundation is systematically summarized in the Second Chapter. In the Third and Fourth Chapters, Methodological Research is developed. The results was a quantitative validation of the Implemented Prototype, Through a descriptive statistical analysis of the population for Black Seed Simpson Lettuces. Comparing them between those that were grown through EBB and FLOW cultivation and those grown outside in the open sky. Finally, in the Fifth Chapter, the conclusions and recommendations of the research work are discussed.

Keywords: Automation, EBB, FLOW, Raspberry Pi, Widgets, Tkinter.

Reviewed by:
Mgs. Marcela González Robalino
English Professor
c.c. 0603017708

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el planeta atraviesa una problemática ambiental y ecológica de gran envergadura como es la urbanización acelerada y una industrialización sin control de todos los países desarrollados y en vías de desarrollo están generando una gran contaminación del agua, el aire y el suelo perjudicando así principalmente a la población que menos recursos tiene del planeta. (Díaz Coutiño, R. y Escarcega Castellanos, S., 2019). La población del mundo alcanzó 7.700 millones de personas en el año 2019 una cifra sin precedentes , con una predicción de crecimiento es de 2.000 millones de personas, por medio de un reporte generado por la oficina de las Naciones Unidas actualmente la explotación descontrolada de los recursos hídricos por causa del incremento desmedido de la población y el calentamiento global han puesto en la prioridad mundial estas problemáticas que han causado el estado crítico del planeta referente al acceso y disponibilidad del agua para la población. (Naciones Unidas, 2019). El desarrollo de conocimiento de las personas ha sido capaz de lograr grandes avances en distintas áreas el relativo éxito logrado ha desencadenado un aumento desmedido de la población humana y esto conlleva a la demanda de más alimentos, para suplir esto se requiere áreas extensas de cultivos originando problemas de deforestación, contaminación y hasta llegar a verse en la necesidad de cultivar en lugares no aptos para la proliferación de ciertos tipos de plantas necesarias para la alimentación del ser humano (Echeverri, 2016). Este tipo de terreno no apto conlleva a tener una cosecha relativamente mala a causa de factores inadecuados como el temperatura, pH del agua, humedad, luz, minerales; esto producirá un uso inadecuado y desmedido de recursos naturales para lograr así una mejor cosecha; en Ecuador no es la diferencia y se vuelve indispensable consolidar algunas acciones y reorientar otras en el campo agrario.

Un sistema hidropónico es una forma de manejo y cultivo de plantas el cual permite su cultivo sin suelo mediante el uso de sustratos en recipientes, esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo en sitios o áreas no convencionales, controlado las necesidades de las plantas, los elementos minerales indispensables que necesita la planta son aportados por la solución nutritiva, la eficacia de este tipo de cultivos puede mejorar el tiempo y duplicar o más los de los cultivos que tradicionalmente se lo realiza en el suelo.

En el sistema hidropónico EBB and FLOW mediante el uso tecnologías y sistemas avanzados permite controlar un procesos, con la presencia parcial o nula de la operación humana en la que se requiera un esfuerzo superior o pudieran representar un riesgo para el bienestar y la salud de los trabajadores (CCMA, HERRAMIENTAS EMPRESARIALES, 2019), así permite tener un sistema fácil de implementar, seguro y limpio pudiendo obtener distintos tipos plantas en cualquier zona, minimizar el riesgo de plagas o bacterias que afectan su desarrollo obteniendo así grandes beneficios en todos los aspectos. La automatización es el uso de tecnologías y sistemas avanzados para operar las máquinas y controlar un proceso, con la presencia parcial o nula de la operación humana en procesos que requieren un esfuerzo superior o pudieran representar un riesgo para el bienestar y la salud de los trabajadores (CCMA, HERRAMIENTAS EMPRESARIALES, 2019)

CAPÍTULO I

1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actividad agrícola se la considera como uno de los pilares fundamentales de la economía del país, ya sea para la seguridad alimentaria y la economía; un informe de la Productividad Agrícola del Ecuador indica que esta actividad aporta con el 8.5% del PIB del Ecuador, llegando a ser el sexto rubro de la producción del Ecuador (UNT, 2017). Estudios pronostican que la población mundial tendrá un aumento aproximado de 7300 millones en el 2050, en su gran mayoría en las regiones en desarrollo; en países con ingresos relativamente bajos su población tendería a duplicarse como es el caso de Ecuador, para poder satisfacer las necesidades de alimentación es necesario el incremento del 50% en la producción agrícola hasta mediados de siglo (FAO, 2017). Para satisfacer la necesidad alimentaria de las personas se ha optado por la agricultura a gran escala que es la actualidad la principal fuente de alimentos en países en vías de desarrollo e industrializados, este tipo de agricultura pese a generar grandes cantidades de producción ha generado grandes problemas como a insostenibilidad en el transcurso del largos periodos de tiempo por el uso de grandes cantidades de pesticidas, maquinaria, agua, insumos inorgánicos, pero principalmente el uso extensas áreas de tierras generando deforestación ,agotamiento del suelo y uso desmedido del recurso agua.

Los cultivos hidropónicos han tenido un aumento a través del tiempo por su versatilidad y para dar soluciones a los problemas que se vienen dando con los cultivos tradicionales ya que no necesitan grandes cantidades de suelo, pueden ser implementados en áreas urbanas con poco espacio como cuartos, terrazas, techos, balcones, patios. (Ortiz Vásquez Ana Carolina, 2015) , esta es una manera económica, eficiente, rápida para aumentar la producción en el área usada. Con lo anteriormente planteado surge la necesidad

de aplicar estas nuevas tecnologías agrarias en el Ecuador y específicamente en la provincia de Chimborazo mediante un pedido planteado por la Fundación ECOSUR de diseñar e implementar un cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado que se pueda implementar en lugares poco habituales como interiores de casas, espacios reducidos sin el uso de tierra. Otra necesidad planteada es que se cree un sistema de monitoreo móvil en tiempo real de las variables: solución de nutrientes, pH, nivel de solución de nutrientes, humedad relativa, humedad del suelo, temperatura, de dicho cultivo hidropónico y estos datos obtenidos sean almacenados en una base de datos para posteriormente realizar un análisis de las variables para obtener un método de cultivo eficiente y adecuado para las distintas especies de plantas a cultivarse. Este proyecto tiene un gran impacto social y pretende mejorar la calidad de vida de muchas comunidades locales con la comercialización de la producción y generando fuentes alternas de ingresos.. Los resultados obtenidos en este proyecto de tesis adquieren un sentido estratégico y podrán contribuir a mediano y largo plazo a erradicar la pobreza en el campo garantizando las necesidades alimentarias de toda la población, y a cristalizar las transformaciones que el país requiere en cuestiones de producción y la mejora de vida de los agricultores ecuatorianos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

- Analizar, desarrollar e implementar un sistema hidropónico EBB and FLOW automatizado para la fundación EcoSur-Ecuador.

1.2.2. Específicos

- Construir un prototipo funcional y autónomo para cultivos hidropónicos utilizando tecnología EBB and FLOW como parte del proyecto “Mejora de la Calidad de Vida de las Comunidades Rurales de Chimborazo” en ejecución por la Fundación EcoSur–Ecuador.
- Diseñar e implementar un sistema de monitoreo móvil que permita monitorear y controlar los datos ambientales del microclima del cultivo Hidropónico EBB and FLOW en tiempo real.
- Probar experimentalmente el prototipo desarrollado mediante un cultivo de lechugas hidropónicas EBB and FLOW comparándolo con un cultivo de lechugas a en tierra a cielo abierto.

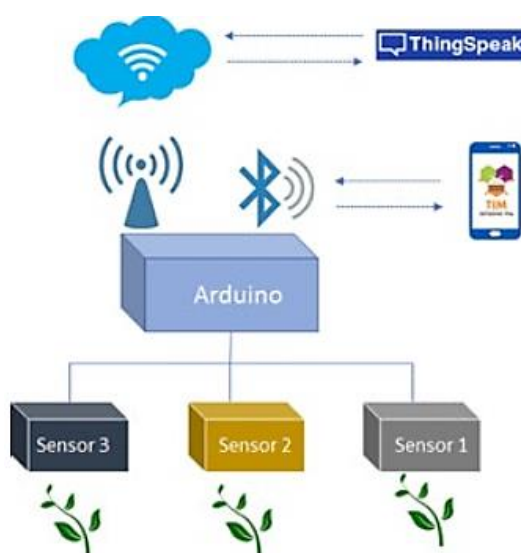
CAPÍTULO II

2.1. ESTADO DEL ARTE.

Diseñaron e implementaron una red para el monitoreo de variables agroecológicas dentro de ambientes controlados, encontrando y probando nuevas tecnologías que permitieron mejorar la competitividad del sector primario de la economía, mediante el monitoreo de variables a través de dispositivos electrónicos de medición y transmisión de datos en tiempo real a dispositivos remotos y a ordenadores (Barbosa Pira, 2019).

Figura 1

Proceso del modelo del sistema de monitoreo



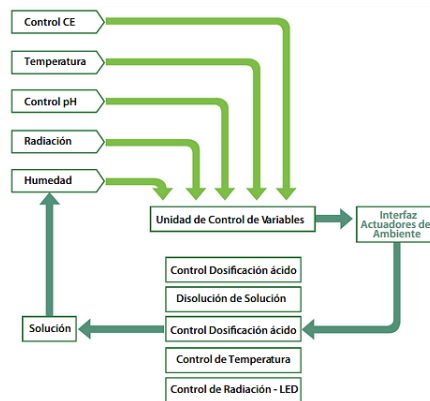
Fuente: (Barbosa Pira, 2019).

Cuando iniciaron proyecto de automatización del invernadero implementado en el laboratorio de electrónica de la sede El Cedro lograron conformar un grupo de trabajo para el manejo del cultivo hidropónico; evaluaron diversos diseños para el trabajo, donde los

componentes electrónicos fueron los que más evoluciones y variaciones presentaron. (Zambrano Cortés Nelson Humberto, 2014). Optaron por trabajar con los microcontroladores, sensores análogos para medir temperatura, humedad del ambiente, pH, luminosidad, CO2, actuadores bombas hidráulicas, iluminación led, ventiladores y resistencias calóricas. Se necesita tener un sistema de calefacción y enfriamiento muy preciso y óptimo (Carlos, 2005)

Figura 2

Diagrama de control de Variables para el cultivo automatizado

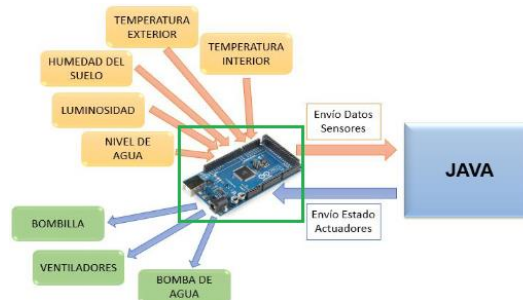


Fuente: (Carlos, 2005).

Se desarrolló e implementó una planta a escala de un invernadero, en la cual pudieron monitorizar variables y cómo actuar sobre actuadores. Este proceso se realizó a través de Arduino, una interfaz en java con la que interactuaron pudiendo visualizar variables de temperatura, humedad del suelo, luminosidad y nivel del tanque de agua, también haciendo posible el encendido o apagado de actuadores. (Mañas, 2019).

Figura 3

Diagrama de control de Variables para el invernadero automatizado

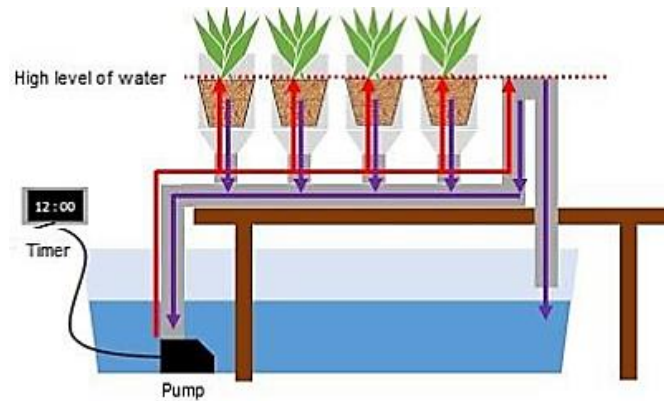


Fuente: (Carlos, 2005).

Muchos productores hortícolas dijeron que el resultado de la buena producción es una lotería ya que depende en gran medida de las variables climáticas. A raíz de eso, realizaron una investigación sobre la situación actual de los invernaderos para así ofrecer un resultado acorde a las necesidades. Diseñaron un prototipo de un sistema de automatización de invernadero que está basado en Arduino y sensores con control de comando web teniendo como propósito ayudar a los productores de la agricultura horticultura a cultivar estos productos en todo el tiempo que se considere sin importar las condiciones y las estaciones del año. (Prieto, 2017) . Proponen un sistema hidropónico de EBB and FLOW que controlar el funcionamiento de la bomba en la distribución de la solución nutritiva a los medios de crecimiento. El sistema de control, lo implementaron mediante el uso del Arduino Uno, sensor de temperatura, sensor de humedad y motores de corriente continua como actuadores que canalizan los nutrientes al medio de siembra del cultivo. Los resultados confirman que el diseño de control lógico difuso puede realizarse y funcionar correctamente. (Muhammad Daud, 2018)

Figura 4

Sistema hidropónico EBB and FLOW riego controlado mediante timer



Fuente: (Muhammad Daud, 2018).

Analizaron el estudio comparativo de la producción de lechuga en sistema de cultivo hidropónico y un sistema de cultivo tradicional en el distrito de Capitán Miranda, Departamento de Itapúa, este estudio se dio debido a que el rubro de la horticultura se poseen escasas informaciones a nivel departamental en cuanto al cultivo de lechuga y su posterior comercialización, de ahí nace interés de realizar la investigación, tiene la finalidad de evaluar el estudio de factibilidad entre el sistema de cultivo hidropónico y el sistema de cultivo tradicional en el distrito de Capitán Miranda. (Domínguez Caballero, 2018). Presentaron el diseño de un prototipo funcional de un invernadero hidropónico inteligente el cual permite cultivar frutos, como el jitomate, durante cualquier época en el año, mediante la manipulación de variables específicas como: temperatura y humedad del microclima dentro del invernadero, también describieron la simulación del comportamiento estructural y del sistema de control inteligente del invernadero que se construyó en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey campus Ciudad de México (Pedro Ponce, 2017). Después de revisar todas las investigaciones anteriores sobre automatización en invernaderos y cultivos hidropónicos se recomienda la implementación de

dispositivos electrónicos, sensores, sistemas inalámbricos de comunicación largo alcance como base de las comunicaciones para agricultura inteligente, innovando con nueva tecnología con muy buenos resultados para el control de microclima en invernaderos tradicionales y en cultivos hidropónicos.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA.

2.2.1. Cultivos Hidropónicos.

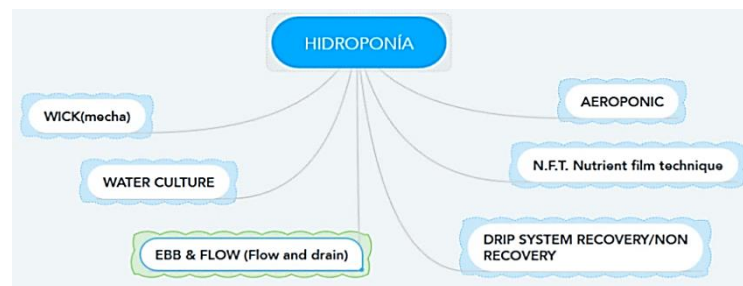
Un cultivo en hidroponía es una manera de crear plantas mediante el cual permite su cultivo sin la necesidad de suelo, mediante esta técnica se producen plantas de diferentes tipos, pero principalmente se adapta a las de tipo herbáceo; se las puede cultivar en áreas no convencionales como cuartos, terrazas, patios, balcones mediante mecanismos se suplirá las necesidades de las plantas como: temperatura, luz, agua y nutrientes.

Para un sistema de hidroponía los minerales esenciales que requiere la planta para su crecimiento son obtenidos mediante la solución nutritiva en cuanto al rendimiento y productividad de los cultivos hidropónicos se llega a duplicar o más los de los cultivos en comparación a los cultivos tradicionales de suelo. (Blentrano José, 2015). Esta es una forma limpia, fácil y de bajo costo para producir vegetales de rápido crecimiento y de gran valor nutricional, la agricultura a pequeña utiliza recursos que antes no se los usaba y que disponen las personas en su mayoría como materiales desechables (aserrín, corchos, envases plásticos, tuberías) y espacios sin utilizar. (Escudero Yanelis, 2017) Con esta forma de cultivo sin suelo se evita problemas que representa el suelo en la agricultura convencional mediante el uso de sustratos, estos permiten un control total sobre factores que afectan el desarrollo de la planta (Escudero Yanelis, 2017). Debido a la gran obtención y disposición de nutrientes, agua,

adecuados niveles de radiación, temperatura controlada del ambiente, disposición de las plantas, incidirán fuertemente en el rendimiento del cultivo para un óptimo nivel de cosecha en un menor tiempo (Blentrano José, 2015)

Figura 5

Tipos de Cultivos Hidropónicos



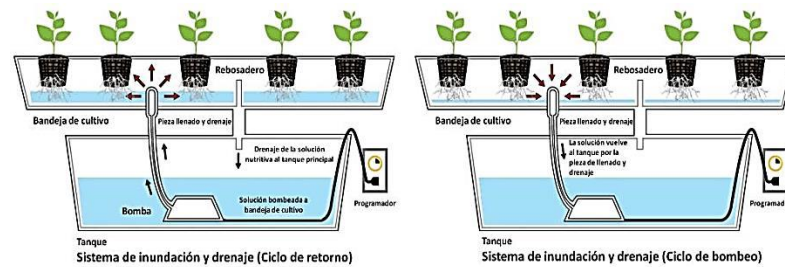
Fuente: Autor.

2.2.2. Sistema Hidropónico EBB and FLOW.

Este tipo de cultivo hidropónico funciona mediante un sistema de inundación y drenaje (EBB and FLOW) en el cual la planta se encuentra dispuesta en un medio inerte y este es cada tiempo determinado saturado mediante agua y solución de nutriente (medio de crecimiento). (Gonzales, 2017). Por lo tanto tenemos al medio inerte y al medio de crecimiento, estos están separados físicamente por lo general el medio de crecimiento se halla ubicado en un tanque reservorio que está debajo del cultivo, este es dosificado mediante bombas hidráulicas. Estas dosificaciones del medio de crecimiento deberán variar de acuerdo a las necesidades de la planta a cultivarse, PH de la solución nutritiva, tiempo, humedad, radiación UV y el sustrato usado. (Gonzales, 2017)

Figura 6

Sistema Hidropónico EBB and FLOW



Fuente: (HUERTO URBANO GROW, 2016).




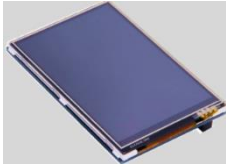

2.2.3. Influencia de las variables climáticas en el cultivo

Los requerimientos climáticos para el cultivo de lechuga pueden afectar y determinar varias de sus características físicas y químicas, cuando no se cumplen los rangos requeridos **Tabla 10**. tendremos los siguientes problemas: una temperatura muy alta provoca disminución del crecimiento que, una temperatura baja provoca que las hojas tomen una coloración rojiza que se puede confundir con alguna carencia, una humedad muy alta provoca problemas radiculares en crecimiento y pudrición, una humedad muy alta provoca resecamiento, un alto índice de radiación ultravioleta provoca disminución de la fotosíntesis y de la producción de biomasa, un bajo índice de radiación ultravioleta provoca disminución de crecimiento y alargamiento del tallo (Carrasco Ríos, 2009), finalmente el pH representa de la concentración de iones de hidrógeno en una solución controlando los nutrientes y la conductividad eléctrica suministrados a las plantas, el pH ideal es entre 5 y 6, si es superior a 6 se dificulta la absorción de boro, cobre y fosfatos, un pH bajo dificulta la absorción de molibdeno también obstaculiza la asimilación de nitrógeno y azufre. (Anthura, 2015)

2.2.4. Elementos del sistema.

Tabla 1

Elementos del sistema

DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	LUSTRACIÓN
Raspberry Pi 4b.	Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida de bajo coste, desarrollado en Reino Unido por la fundación Raspberry Pi. (Xataka, 2019)	Broadcom BCM2711, SoC de 64 bits de cuatro núcleos (ARM v8) a 1,5 GHz, SDRAM de 4GB, 2.4 GHz y 5.0 GHz IEEE 802.11ac inalámbrica,, BLE Gigabit Ethernet, 2 × puertos micro-HDMI, Ranura p tarjeta micro-SD, 5 V CC vía USB-C (3 A), 5 V CC vía GPIO (3 A), 2 puertos USB 3.0; 2 puertos USB 2.0, GPIO estándar de 40 pines.	
Arduino Uno	Placa con un microcontrolador basada en ATmega 328P.	V 5V, Pines de E / S digitales 14, E / S digitales PWM 6, analógicos 6, ATmega328P, memoria flash 32 KB, Clock 16 MHz, 68,6 x 53,4 mm, SRAM 2 KB, EEPROM 1 KB , corriente CC para pin de 3.3V 50 mA.	
Módulo reloj en tiempo real (RTC DS3231).	El módulo DS3231 permite que podamos llevar un registro con detalle del transcurso del tiempo en un microcontrolador.	Chip DS3231 , voltaje de entrada 3.3V-5V, soporte calendario hasta el año 2100, capacidad chip de memoria 32K.	
Pantalla TFT 3.5	Esta pantalla está diseñada específicamente para la Raspberry Pi modelos 3b y 4b	Backlight LED, resolución: 320×480 Pixeles, tipo: LCD TFT, tipo Touch Screen: Resistive Controlador Touch Screen: XPT2046, colors: 65536, LCD Interface: SPI.	
Módulo Relay 5V x8	Este dispositivo electrónico que permite controlar componentes de alto amperaje o alto voltaje	Voltaje de operación de 5V DC, 8 canales, señal de control 3.3 V o 5 V, corriente máxima 10 A.	

Fuente: Autor.

2.2.5. Sensores

Los sensores son dispositivos electrónicos o transductores (convierte un tipo de energía a otra) mediante los cuales nos permiten interactuar con el entorno, estos a su vez nos proporcionar la información de variables para luego poder procesarlas así con esta información activar procesos, generar órdenes. (Serna Ruíz Antonio, 2010)

Tabla 2

Sensores

SENSOR	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	LUSTRACIÓN
ML8511	Sensor con fotodiodo con rango espectral de 280 nm a 400 nm, este rango cubre el espectro UV-B y el UV-A, las unidades están relacionada linealmente con la intensidad UV (mW/cm ²). (Arroyo Cornejo Carlos, 2020)	Longitud de onda: 280-390 nm., consumo ultra bajo de energía, voltaje de Operación: 5V DC, salida analógica.	
DHT11	Sensor de temperatura y humedad, las variaciones de la temperatura y humedad afectan al metabolismo, respiración, comportamiento, distribución, migraciones, alimentación, crecimiento y reproducción de la mayoría de los animales y plantas. (Pérez R, 2017).	Precisión ± 2.0 Celsius, resolución Temperatura: 0.1 Celsius - Humedad: 1%, rango de medición de humedad: 20% a 90%, tiempo de censado: 1 segundo, voltaje de Operación: 3V a 5V DC.	
GAOHOU PH0-14	Sensor analógico está diseñado para la placa Arduino y Raspberry Pi, posee un conector BNC para la conexión con una sonda. Es una gran herramienta para proyectos ambientales robóticos, para medir la calidad de agua y la acuicultura (Caballero, 2017).	Tamaño del módulo 43 x 32 mm, tipo de conector del sensor Conector BNC, rango de medición 0 - 14PH, temperatura de medición 0 – 60 Celsius, tiempo de respuesta ≤ 1min, voltaje de alimentación 5 VDC.	

Fuente: Autor.

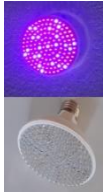


2.2.6. Actuadores

Para interactuar con el cultivo hidropónico EBB and FLOW, se contará con una serie de componentes como son: un ventilador y extractor de aire para el cultivo hidropónico, bomba de agua sumergible para el flujo de solución nutritiva de la planta, electroválvula solenoide para el retorno del agua al tanque de almacenamiento, led grow light y led tipo tubo para proporcionar la cantidad adecuada de radiación UV y un calefactor para el cultivo hidropónico.

Tabla 3

Actuadores

ACTUADORES	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	LUSTRACIÓN
Válvula solenoide	La válvula solenoide es una válvula de tipo electromecánico, su diseño permite controlar el paso de líquidos por una tubería.	Temperatura de trabajo: 1 a 75 Celsius, tamaño 1/2", presión: 0.02Mpa - 0.8Mpa, voltaje: 110VDC, 77mm x 60mm x 55mm (Electrónica SMD, 2020).	
Ventilador y extractor de aire	Un ventilador es una máquina de fluido que transmite energía para generar la presión necesaria por medio del giro de aspas con la que se mantiene un flujo continuo de aire (ON Eléctrica, 2019)	Ventana posterior de 3 rejillas, enchufe polarizado, extractor de 5 aspas, dimensiones 8", voltaje de alimentación 110 VDC.	
Bomba de agua sumergible SOBO WP-5000	Su mecanismo de trabajo envía el fluido hacia la superficie; el mecanismo del motor de las bombas sumergibles transforma la energía cinética en energía centrífuga y en su última fase en energía de presión.	Temperatura Máx: 35° Celsius, dimensiones: 140 x 80 x 100 mm, potencia Máx: 3000 L/h, altura Máx: 2.40 m, potencia: 60W, voltaje: 110V/60Hz.	

Led Grow Light	Luz de crecimiento planta led luz de crecimiento espectro completo, para el crecimiento de plantas vegetales sistema hidropónico.	Regulable: No, material: de plástico, 126 leds 90 rojos y 36 azules ,vida útil: 46000-52000 horas, voltaje: 110V/CA, potencia: 15 W.	
Lámpara LED tipo tubo	Lámpara LED tipo tubular de luz de gran luminosidad.	Potencia: 20W , lúmenes: 1700 lm, duración: 40000 horas, grados apertura: 120°.	
Calefactor Handy Heater.	Calentador eléctrico de bajo costo y un tamaño compacto, su superficie de accionamiento máxima es de 7 metros cuadrados.	Temperatura Max: 32 °C, alimentación 110 V AC, potencia de 350 Watts.	


Fuente: Autor

2.2.7. Bandeja de inundación hidropónica y soporte

Las bandejas de inundación de hidroponía permiten la distribución de una gran cantidad de plántulas en un espacio limitado, para el sistema de flujo y reflujo (EBB and FLOW).

Tabla 4

Bandeja de inundación hidropónica

	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	LUSTRACIÓN
Bandeja de inundación hidropónica	Usada para el proceso de inundación y drenaje para hidratar los medios de crecimiento plantas (raíces).	Dimensiones: 90 cm x 90cm x12cm, soporte base: 80 x 80 x 81, acero inoxidable, conducto drenaje: 3 / 4 " , conducto llenado: 1 / 2 "	

Fuente: Autor.

2.2.8. Software

2.2.8.1. Python

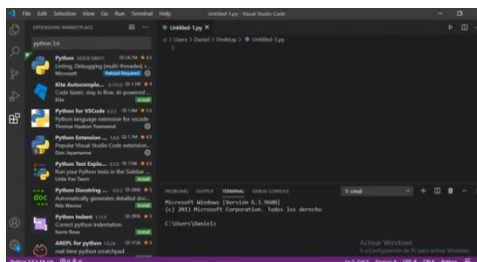
Python tiene una sintaxis clara, explícita, sencilla y el idioma que usa es el inglés permitiendo que por medio de este lenguaje un algoritmo sea comprendido tras la primera lectura, es multiparadigma, interpretado, de alto nivel, alto grado de introspección, gestión automática de los recursos, sistema de gestión sin excepciones; es gratuito, libre y funciona en todas las plataformas. (Chasallet, 2016). La placa Raspberry Pi y sus modelos más recientes está íntimamente ligada al lenguaje de programación Python, viniendo éste ya integrado en el sistema operativo Raspbian.

2.2.8.2. Python en Visual Code Studio

Se puede trabajar con Python en Visual Studio Code mediante el uso de la extensión Microsoft Python en diferentes versiones es sencillo, productivo y divertido, con la extensión se convierte a Visual Studio Code a un editor de Python, las características de Visual Studio Code para proporcionar autocompletado e IntelliSense, depuración, linting, pruebas unitarias en conjunto con la capacidad de cambiar fácilmente entre entornos Python, incluidos entornos conda y virtuales.

Figura 7

Entorno de Visual Studio Code-Python



Fuente: Autor.

2.2.8.3. Raspberry Pi OS (Raspbian)

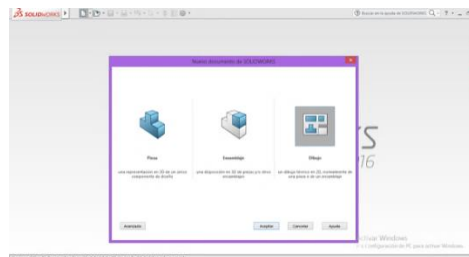
Raspberry Pi OS o Raspbian es el sistema operativo oficial de la Fundación Raspberry Pi para la familia de placas SBC, tiene distribución del sistema operativo GNU/Linux basado en Debian, y libre para la SBC Raspberry Pi está orientado a la enseñanza de informática.

2.2.8.4. SolidWorks 2016.

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora CAD, es usada en el modelado de piezas mecánicas y planos técnicos en 2D-3D entre otros, fue desarrollado en por SolidWorks Corporación, compatible con Microsoft Windows.

Figura 8

Entorno SolidWorks 2016



Fuente: Autor.

2.2.8.5. SQLite

Es un software de gestión de bases de datos relacional compatible con ACID, está contenida en una biblioteca pequeña de (275 kB) ^ 2 realizada en lenguaje C, este sistema no usa gestión de base de datos cliente-servidor que es un proceso independiente de comunicación, la biblioteca SQLite se va a enlazar con el programa para ser una parte integral del mismo.

2.2.9. Protocolos de Comunicación

2.2.9.1. Comunicación Wi-Fi

La comunicación Wi-Fi (Wireless Fidelity) se refiere a una tecnología de comunicación inalámbrica mediante ondas que usa el estándar IEEE 802.11, fue creado con el objetivo de complementarse con las conexiones de cable en redes LAN de poco alcance como en casas u oficinas, pero también se usa para largas distancias por su alcance se basa en el estándar IEEE 802.11 (trata sobre la creación de estándares para la construcción de una red inalámbrica). (Loza, 2017).

Tabla 5

Familia de protocolos IEEE 802.11

Estándar	Descripción
802.11	Estándar WLAN original, soporta de 1 a 2 Mbps
802.11a	Estándar WLAN para altas velocidades, soporta hasta 54Mbps.
802.11b	Estándar WLAN banda de 2.4GHz, soporta 11Mbps
802.11e	Dirigido a los requerimientos de calidad de servicio para las interfaces IEEE WLAN de radio
802.11f	Comunicación entre puntos de acceso para facilitar redes WLAN de diferentes proveedores.
802.11g	Técnicas entre punto de acceso para facilitar redes WLAN

Fuente: Autor

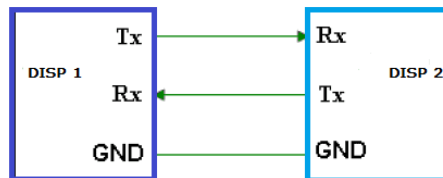
2.2.9.2. Comunicación Serial

La comunicación serial o llamada también comunicación secuencial usada en las comunicaciones e informática funciona mediante un proceso de envío de datos de 1 bit a la

vez y de manera secuencial en un canal de comunicación o un en un bus; la comunicación serial se realiza únicamente entre dos dispositivos, usa tres líneas: transmisión de datos (TX), recepción de datos (RX), común (GND).

Figura 9

Esquema Comunicación serial



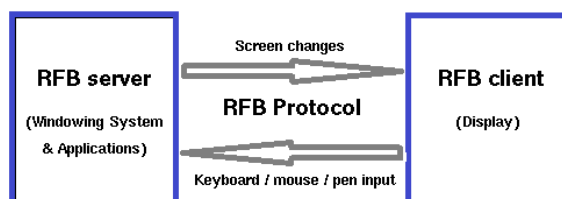
Fuente: Autor.

2.2.9.3. Protocolo RFB

RFB (Framebuffer Remote) se trata de un protocolo simple abierto para acceso remoto para interfaces gráficas de usuario, funciona a nivel de framebuffer; predeterminadamente el cliente usa el puerto TCP 5900 para conectarse a un servidor (o 5800 para acceder a un navegador), RFB es aplicable a todos los sistemas y aplicaciones de ventanas como son: macOS, Microsoft Windows y X Windows System, Virtual Network Computing (VNC) usa la versión actual RFB 3.8 y sus derivados.

Figura 10

Esquema RFB Protocol



Fuente: Autor.

CAPÍTULO III

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Tipo de Estudio

Se investigó sobre la problemática (investigación aplicada) que generan los cultivos tradicionales, mediante una investigación usando variables de distintas áreas y se dio solución a esta problemática del sector social y productivo en ciudades y algunas comunidades de Chimborazo. Se diseñó un prototipo electrónico (investigación experimental) para la monitorización y manejo de variables medioambientales como la temperatura, humedad, índice de radiación UV, variables químicas como el pH obteniendo resultados que se analizaron para su comprensión e implementación. Finalmente se explicó (investigación explicativa) sobre los distintos tipos de sensores y actuadores a utilizarse para la obtención de información, la tecnología que se usó para esta investigación es la que nos proporcionó la Raspberry Pi4 B , todo esta tecnología innovadora se aplicó en el sistema hidropónico EBB and FLOW, estas tecnologías que se usaron en los procesos para el desarrollo de la propuesta investigativa.

3.1.2. Métodos de Investigación

Se realizó de una descripción de forma cuantitativa y cualitativa de la problemática que general los cultivos tradicionales obteniendo datos e información para el estudio de la investigación planteada, también se investigó y diseñó el prototipo del sistema hidropónico automatizado EBB and FLOW para el control y monitorización de las variables climáticas del cultivo con bases de conocimientos electrónicos (sensores, actuadores, microordenadores) y de telecomunicaciones (Wi-Fi, Servidor VNC, comunicación serial). El sistema desarrollado se implementó en la sede de la fundación ECOSUR-RIOBAMBA.

3.1.3. Técnicas de investigación

Se observó la situación de los cultivos tradicionales en algunas poblaciones de la provincia de Chimborazo y la problemática que generan estas actividades obteniendo información muy importante. Esta información se usó para el desarrollo de la investigación siendo muy importante en el proceso investigativo ya que por medio de este se obtuvo mayor cantidad de datos informativos. Posteriormente se usó esta técnica de investigación bibliográfica explorando archivos escritos en la comunidad científica publicaciones científicas actualizadas en Google Scholar, IEEE Xplore, Scielo sobre el tema investigativo, permitiendo tomar conocimiento sobre experimentos previamente elaborados para repetirlos siguiendo las mismas directrices si fuese el caso, ayudando en la continuación de investigaciones previas incompletas o interrumpidas, sustentando el trabajo investigativo que se realizó, evitando el desarrollo de investigaciones iguales ya realizadas anteriormente y finalmente ayudando a la recolección de información para el establecimiento del marco teórico de la investigación.

3.1.4. Instrumentos de la Investigación

Se observó la problemática generada alrededor de las actividades realizadas en los cultivos tradicionales, investigando lo que sucede alrededor de esta problemática de manera directa y sistemática, obteniendo así información que se necesita para la investigación. Mediante el análisis de documentación usando revistas científicas, artículos científicos, tesis de grado, libros; que no superen los 10 años desde su publicación. Finalmente se realizó un proceso experimental mediante pruebas para el diseño y construcción del prototipo del sistema hidropónico automatizado EBB and FLOW.

3.1.5. Población de estudio

Para el presente proyecto investigativo tomaron 489 datos de masa y volumen dentro del cultivo de lechugas hidropónicas EBB and FLOW y 489 datos de masa y volumen del cultivo de lechugas en tierra a cielo abierto.

3.1.6. Tamaño de la muestra

Se usó la fórmula para muestras de poblaciones finitas menores a 10000 con una **Población 1**: 489 datos de volumen, 489 datos de masa (Lechugas hidropónicas EBB and FLOW); **Población 2**: 489 datos de volumen, 489 datos de masa (Lechugas sembrada en tierra a cielo abierto) donde:

N= 498 (Población)

Z= 1.96 (Factor de distribución normal para una confianza del 95%)

p= 0.50

q= 0.50

d= 0.05 (Error del 5%)

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N - 1) + Z^2pq}$$

$$n = \frac{(498)(1.96)^2(0.50)(0.50)}{0.05^2(498 - 1) + 1,96^2(0.50)(0.50)}$$

$$n = 217$$

El tamaño de la muestra es **n= 217**.

3.1.8. Procedimiento y Análisis

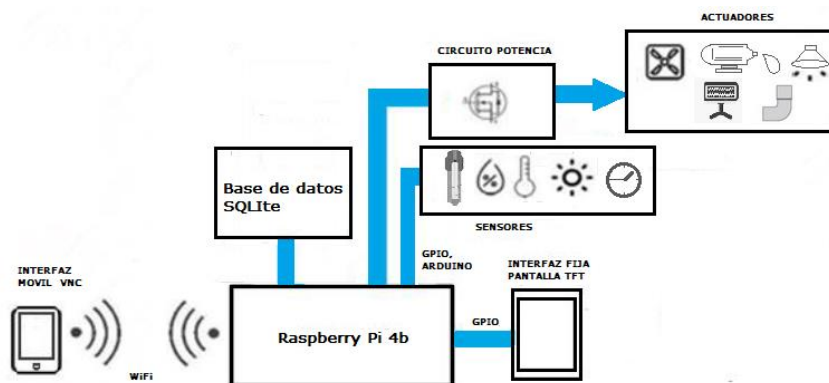
En el diseño y realización del sistema Hidropónico EBB and FLOW, se usarán procesos mediante los cuales se conocerá las ventajas, limitaciones y cumplir con los objetivos propuestos; a continuación se detalla los procesos a seguir:

3.1.8.1. Diagrama de funcionamiento del sistema electrónico y eléctrico del cultivo hidropónico automatizado EBB and FLOW.

El sistema está compuesto por componentes electrónicos y eléctricos para el monitoreo - control de las variables ambientales y químicas por medio de sensores, actuadores, unidad de control y monitorización, dispositivo de almacenamiento digital. Por un lado se tiene una plataforma que gestiona la conexión entre el dispositivo prototipo y un usuario mediante una conexión remota vía WI-FI; todos estos componentes del sistema se conectan a la Raspberry Pi 4b mediante pines GPIO y al Arduino mediante conexión USB. Todo ello se procesa en la placa Raspberry Pi 4b, finalmente mediante SQLite3 se genera y almacenan datos ambientales y químicos dentro del cultivo hidropónico EBB and FLOW.

Figura 11

Diagrama de Funcionamiento del sistema electrónico.



Fuente: Autor.

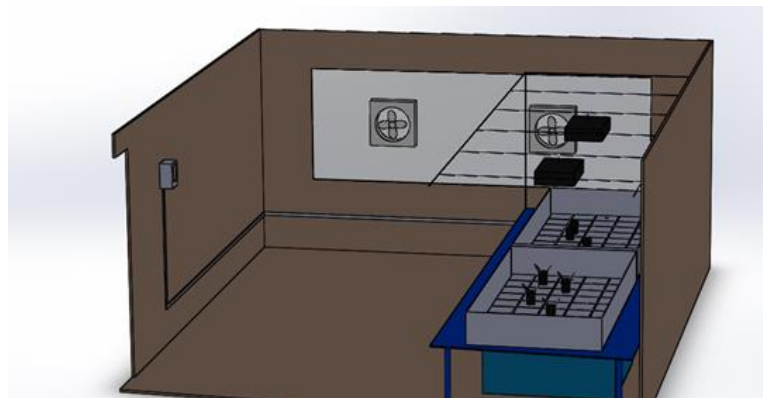
El diseño del prototipo sistema está compuesto por: Placa Raspberry Pi 4 b, ventilador 5v, Arduino Uno ATmega 328P, módulo reloj en tiempo real (RTC DS3231), pantalla TFT 3.5", sensor ML8511, sensor DHT11, sensor pH, válvula Solenoide 110V, ventilador Extractor de Aire ECO 8", bomba de Agua Sumergible SOBO WP-5000, luz LED Kaguyahime de Cultivo de Plantas de Espectro Completo, 15W , lámpara LED tipo tubo de luz fría 20W, calefactor handy heater, módulo relay 5V x8 .

3.1.8.2. Simulación de infraestructura para la instalación del sistema automatizado del cultivo hidropónico EBB and FLOW.

El diseño propuesto para el sistema hidropónico automatizado y su distribución se realizó en Solidworks2016 y se muestra en la **Figura 12**.

Figura 12

Simulación del sistema hidropónico automatizado EBB and FLOW



Fuente: Autor.

3.1.8.3. Dimensionamiento y construcción de infraestructura para cultivo hidropónico EBB and FLOW.

BANDEJA HIDROPÓNICA Y SOPORTE: Tiene la función de proveer a la planta el agua con nutrientes durante el ciclo de crecimiento, su construcción es en acero inoxidable para una mayor duración con unas medidas: exterior de 96 cm x 96 cm y una interior de 86 cm x 86 cm, posee dos conductos: uno de 1/2 " el llenado de la bandeja y otro de 3/4 " para el desfogue de la solución nutritiva para tener el ciclo de flujo y reflujo (EBB and FLOW).

Figura 13

Bandeja hidropónica y soporte



Fuente: Autor.

BANDEJA DE SEMILLERO Y CANASTILLAS: Tienen la función de asistir y dar soporte a la planta en su etapa de germinación y parte del crecimiento sus medidas son 25cm. x 20cm. y 8cm. x 8cm. respectivamente.

Figura 14

Bandeja de semillero y canastillas.



Fuente. Autor.

DEPÓSITO DE AGUA CON SOLUCIÓN NUTRITIVA: El depósito a usarse en el sistema hidropónico es de composición plástica, con una capacidad de almacenamiento de 50000 cm^3 para un abastecimiento total las plantas en toda su etapa de germinación, crecimiento y cosecha.

Figura 15

Depósito de agua con solución nutritiva.



Fuente. Autor.

CABLEADO ELECTRICO: Dado que el sistema hidropónico EBB and FLOW automatizado necesita una alimentación de 110 V para el funcionamiento de los dispositivos: Raspberry Pi y sus actuadores: ventilador, extractor, válvula solenoide, bomba sumergible, led grow light, calefactor se debe realizar el cálculo del calibre del cable eléctrico que se

debe usar para obtener seguridad y un correcto abastecimiento de voltaje, corriente en el sistema eléctrico del cultivo hidropónico.

Tabla 7

Número de cable norma AWG

Actuador	Cantidad	Pot. (W)	Corriente $I=P/V$ (A)	#Cable Norma AWG
Ventilador	2	38	0.31	14
Bomba Agua	1	40	0.33	14
V. Solenoide	1	10	0.08	14
Led Grow Ligth	1	15	0.125	14
Lámpara tubo Led	2	20	0.33	14
Calefactor	1	400	3.33	14

Fuente: Autor

Figura 16

Cableado eléctrico para los actuadores



Fuente: Autor.

CAJA DE ACRÍLICO PARA EL SISTEMA ELECTRÓNICO: Tiene la función de brindar soporte y protección a los distintos componentes electrónicos del sistema, sus medidas son: 12 cm. x 23cm. x 18 cm.

Figura 17

Caja de acrílico para los componentes electrónicos



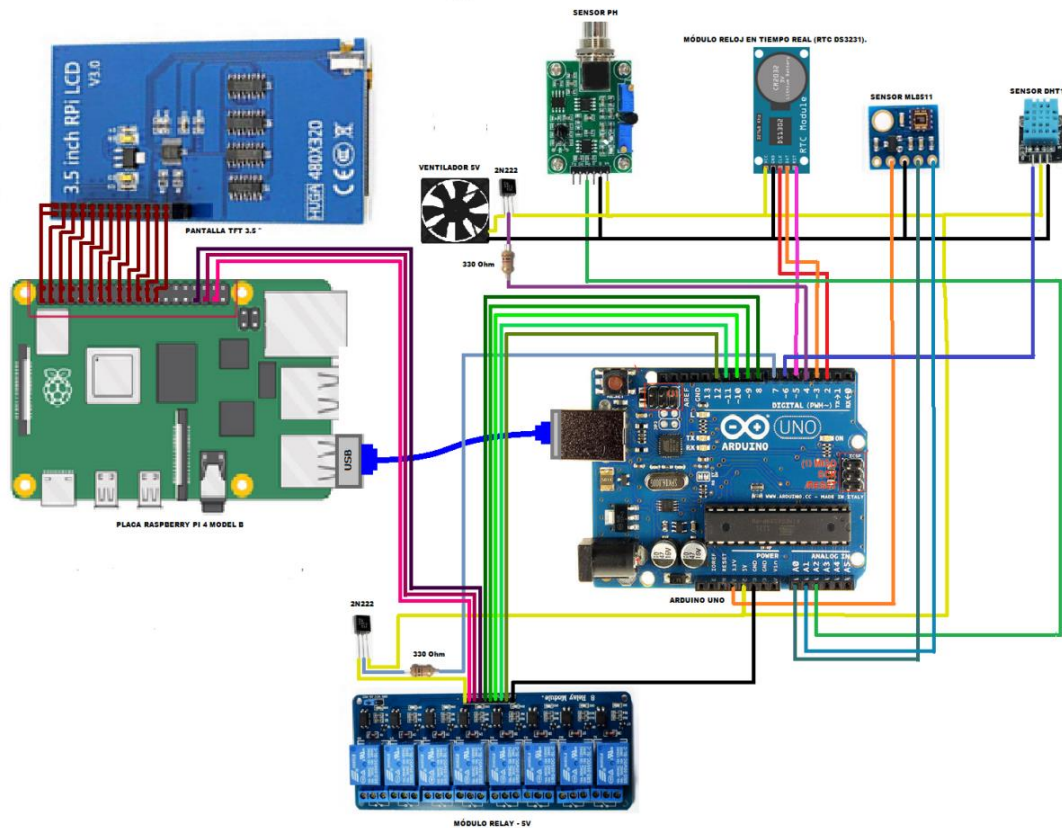
Fuente: Autor.

3.1.8.4. Diseño del circuito electrónico y conexiones para los distintos componentes del sistema.

El Raspberry Pi 4b es el encargado de procesar la información recibida por el Arduino Uno mediante comunicación serial para visualizarla en la pantalla TFT y en un servidor VNC (**Anexo 3**), otra función primordial es que se podrá controlar la activación - desactivación de los distintos actuadores y sensores mediante su entorno gráfico táctil, también es la encargada de generar la base de datos ambientales y químicos mediante SQLite3 para su posterior importación de información y análisis. En el sistema automático del cultivo hidropónico EBB and FLOW se usó distintos sensores para la lectura de las distintas variables ambientales y físicas, como son el caso de la temperatura y humedad mediante el sensor DHT11, la intensidad UV mediante el sensor ML8511; el pH de la solución nutritiva con el sensor GAOHOU PH0-14. Todos estos dispositivos se conectaron a una shield diseñada en Proteus Profesional 8 (**Anexo 4**).

Figura 18

Conexiones del sistema automático hidropónico EBB and FLOW



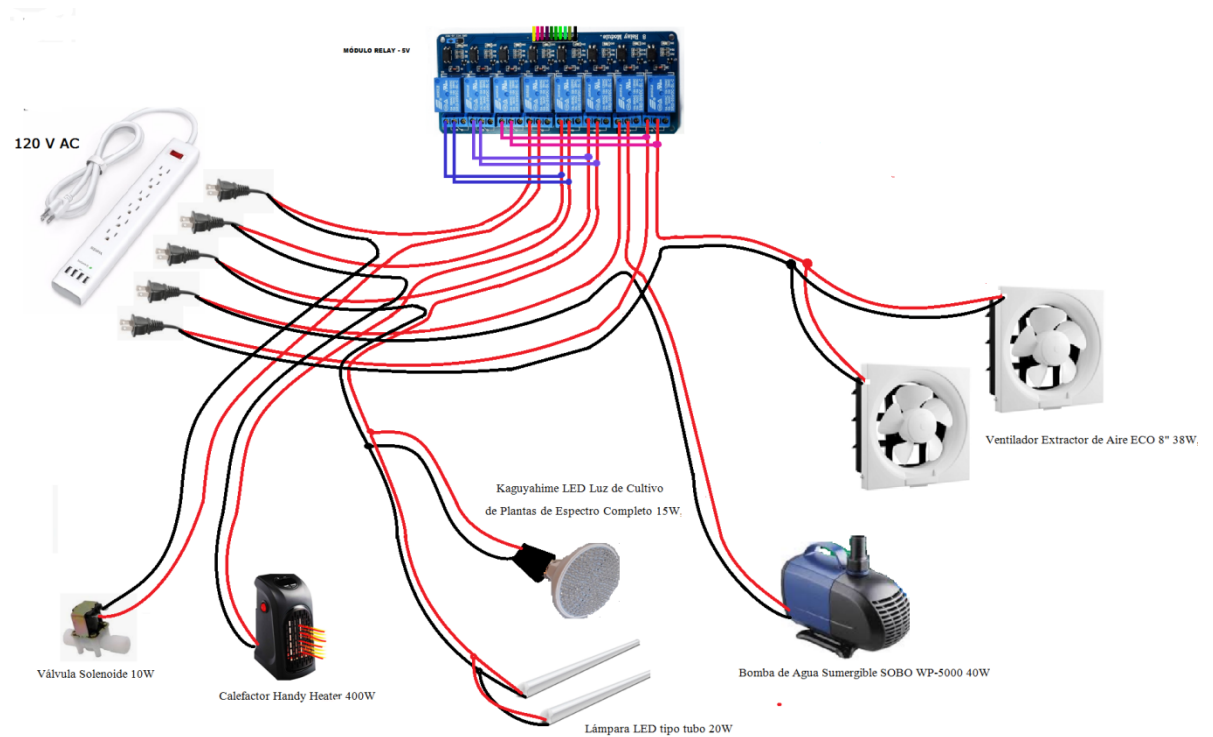
Fuente: Autor.

3.1.8.5. Conexiones actuadores.

Los actuadores que tiene el sistema automático del cultivo hidropónico EBB and FLOW se usaron dispositivos que funcionan con una alimentación de 110 V AC, se usaron para suplir las necesidades físicas y químicas que requiere la planta, se usaron los siguientes actuadores Bomba de Agua Sumergible SOBO WP-5000 40W, Kaguyahime LED Luz de Cultivo de Plantas de Espectro Completo 15W, Lámpara LED tipo tubo 20W, Ventilador Extractor de Aire ECO 8" 38W, Válvula Solenoide 10W, Calefactor Handy Heater 400W.

Figura 19

Conexión actuadores



Fuente: Autor.

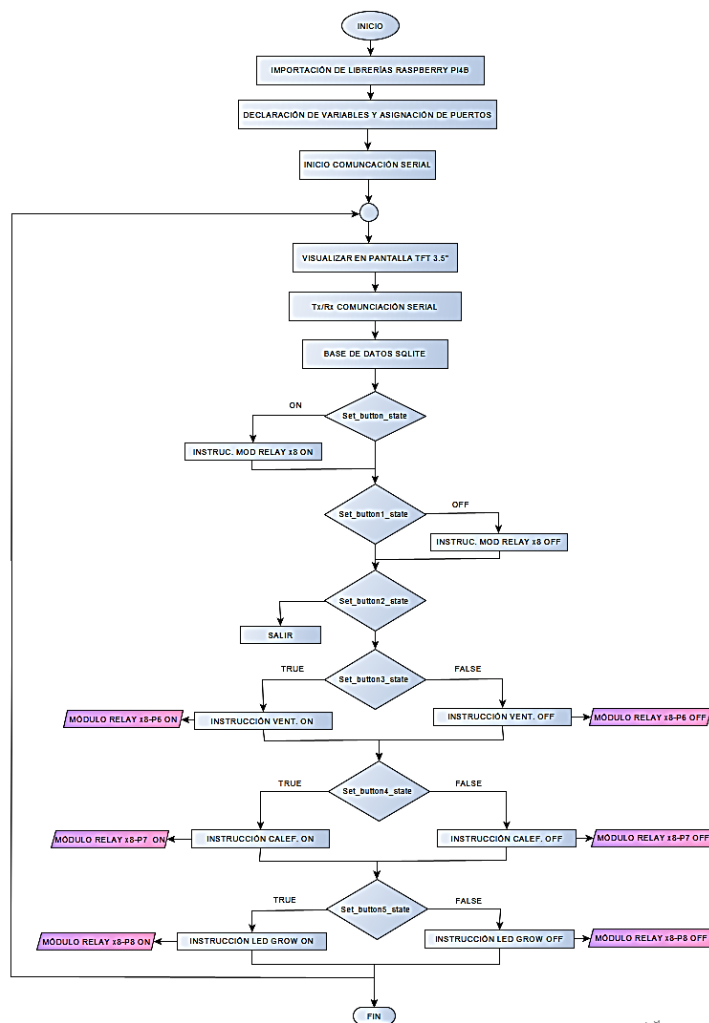
3.1.8.6. Programación del sistema automático del cultivo hidropónico EBB and FLOW

En la programación de la Raspberry Pi 4 b se usa el software Python versión 3.6, mediante el uso de librerías para: comunicación serial, sleep, base de datos SQLite 3, interfaz gráfica mediante el módulo Tkinter y finalmente asignación de puerto GPIO. Posteriormente inicializamos la comunicación serial con el Arduino uno a la velocidad de 9600 baudios estableciendo la comunicación serial entre la Raspberry Pi y el Arduino. Posteriormente en

el bucle de aplicación realizaremos la generación de la base de datos mediante SQLite3 obteniendo datos cada 30 minutos, posteriormente las funciones y las condiciones de programación todo esto dentro del bucle de aplicación.

Figura 20

Diagrama 1 algoritmo en (Python- Tkinter) del sistema automático del cultivo hidropónico EBB and FLOW

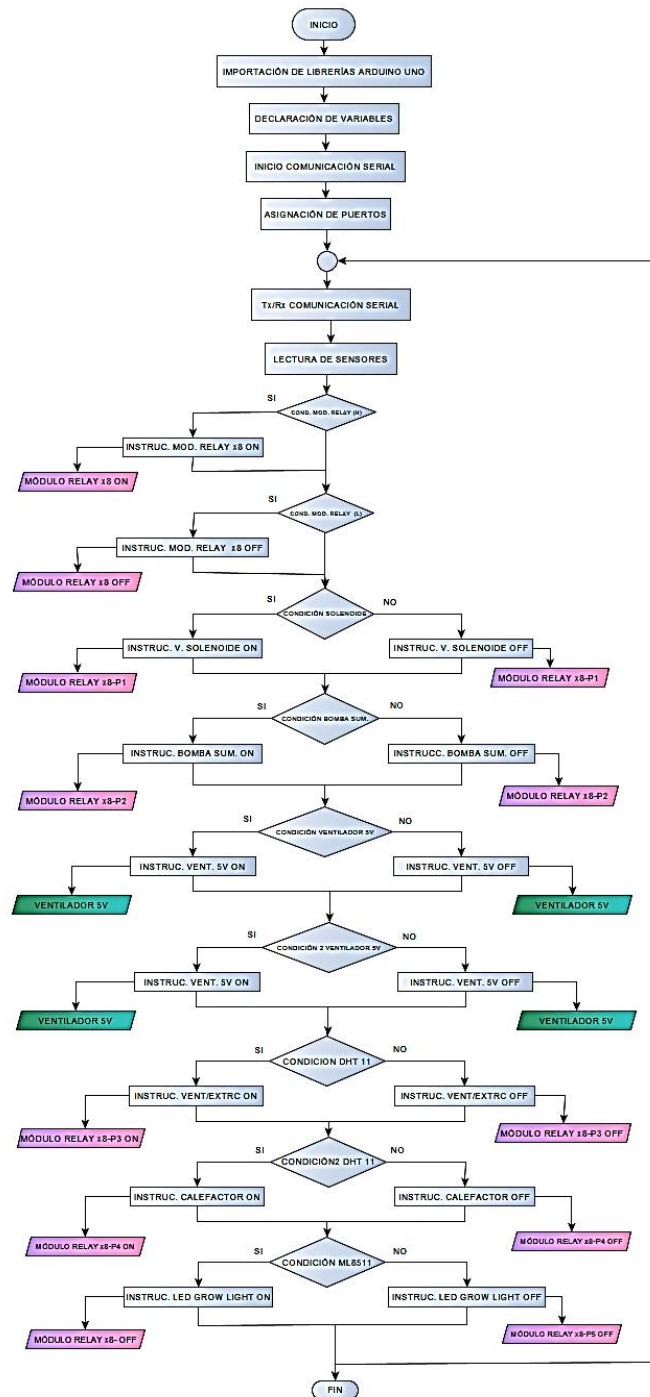


Fuente: Autor.

Figura 21

Diagrama 2 algoritmo (Arduino) del sistema automático del cultivo hidropónico

EBB and FLOW



Fuente: Autor.

En la programación de la placa Arduino Uno se inició con la importación de las librerías necesarias para el módulo DS1302, sensor DHT11, las librerías restantes ya están incluidas en el paquete de Arduino IDE por defecto; luego realizamos la declaración de variables. Para el inicio del establecimiento de la comunicación serial debemos poner a la misma velocidad que tenemos en la Raspberry Pi (9600 baudios) caso contrario el sistema presentara errores de desincronización, posteriormente habilitamos los puertos de entradas y salidas, finalmente las condiciones para la activación de los distintos actuadores dentro del bucle de aplicación.

3.1.8.7. Proceso para el sembrío de Lechuga hidropónica

Para el cultivo hidropónico EBB and FLOW se usaron las semillas de la lechuga Black Seeded Simpson, es una planta de hojas semirisadas sueltas, tiene un color verde claro y no forma cogollo; se adapta a todo tipo de suelos pero prefiere superficies que retengan humedad y que tengan un buen sistema de drenado y se adapta a una gran variedad de climas.

NUMERO DE SEMILLAS: Se sembraron 10 semillas de la especie Black Seeded Simpson de las cuales se eligieron 6 al azar para continuar con el proceso de siembra de las cuales se sembraron 6 en un terreno a cielo abierto y 10 en el cultivo hidropónico EBB and FLOW de las cuales se eligieron 6 al azar para continuar con el proceso de siembra.

SOLUCIÓN NUTRITIVA: Se usó la solución nutritiva realizada por (Lema, 2017) en su trabajo sobre la aplicación de 3 soluciones nutritivas en un cultivo hidropónico de lechugas la misma que se aplicó durante todo el periodo de crecimiento. La

cantidad de elementos nutritivos aplicados a la solución está dada para un tanque de 200 litros y se muestra en la **Tabla 8**.

Tabla 8

Solución Nutritiva para tanque de 200 litros

Fuente	Aplicación	Cantidad total gr.
10-52-00	7,89	7,89
Sulfato de Mg	54,00	54,00
Nitroplus	5,20	5,20
Total gramos (gr.)		67,09

Fuente: Autor.

Posteriormente se debe realizar una distribución para 50 litros que es la capacidad del tanque empleado en el cultivo hidropónico EBB and FLOW, dada que la solución es de tipo lineal se puede aplicar una simple regla de 3 obteniendo los siguientes datos mostrados en la **Tabla 9**.

Tabla 9

Solución Nutritiva para tanque de 50 litros

Fuente	Aplicación	Cantidad total gr.
10-52-00	1,97	1,97
Sulfato de Mg	13,5	13,5
Nitroplus	1,3	1,3
Total gramos (gr.)		16,77

Fuente: Autor.

Figura 22

Preparación solución nutritiva



Fuente: Autor.

APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES: La cantidad de fertilizantes obtenida en la **Tabla 9** se disolvió en una botella de 1 litro y se agitó por varios minutos hasta obtener una solución homogénea, después se mezcló en el tanque de agua con 49 litros dando así los 50 litros en total.

Figura 23

Aplicación de fertilizantes.



Fuente: Autor.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES LECHUGA: La planta de lechuga es de ciclo corto esto quiere decir que su ciclo vegetativo transcurre en un tiempo máximo en 1 año, puede ser incluso de algunos meses y se puede volver a sembrar después de cada

cosecha y requiere los siguientes valores ambientales para su óptimo crecimiento los cuales se muestran en la **Tabla 10**.

Tabla 10

Requerimientos ambientales y químicos de la Lechuga hidropónica.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS	Mínimo	Máximo	Rango Óptimo
Temperatura °C	-6	30	14-21
Humedad %	60	80	60-80
pH	5,5	6	5,5-6
Índice de radiación UV(mW/cm²)	> 0	2	0-2

Fuente: (Manzano, 2018).

APLICACIÓN DE SOLUCIÓN NUTRITIVA: Se aplicó la solución nutritiva , un ciclos de flujo y reflujos cada hora , dando en total durante las 7 horas 7 ciclos en las que la solución nutritiva sube y baja en el sistemas EBB & FLOW, dejando siempre una película protectora de 3 cm de solución nutritiva en la bandeja hidropónica. (Manzano, 2018).

MEDICIÓN Y CONTROL DEL pH Y DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS: Se usaron un distintos tipos sensores: temperatura, humedad, pH, radiación UV para el monitoreo de las variables climáticas y actuadores, todos estos dispositivos en conjunto para atender los requerimientos necesarios para el crecimiento adecuado de la Lechuga.

Figura 24

Sistema de medición y control de las variables climáticas, pH.



Fuente: Autor.

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del proyecto investigativo, se diseñó, construyó e implementó un sistema hidropónico EBB and FLOW automatizado en la fundación EcoSur-Riobamba, también un análisis cualitativo entre un cultivo tradicional en tierra a cielo abierto y un cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado sembrando plantas de lechuga Black Seeded Simpson realizando mediciones y tabulaciones (volumen mm³ y masa gr.), finalmente se realizó una encuesta degustativa, todo esto con el fin de determinar el correcto cumplimiento de los objetivos del proyecto investigativo.

4.2. TABLA COMPARATIVA DE UN CULTIVO TRADICIONAL EN TIERRA Y UN SISTEMA HIDROPÓNICO EBB & FLOW AUTOMATIZADO.

Tabla 11

Comparación cultivo tradicional en tierra y cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado.

TIPOS DE CULTIVOS	
CULTIVO TRADICIONAL EN TIERRA	CULTIVO HIDROPÓNICO EBB and FLOW
Uso desmedido del Agua	Ahorro de Agua
Uso de Herbicidas	No uso de Herbicidas
Calidad depende de variables no controladas	Alta calidad en cultivos
Altos gastos en abonos y fertilizantes	Ahorro de abonos y fertilizantes
Requiere de agricultor	Ausencia de agricultor
Apto para todas las especies	No apta para todas las especies
No requiere energía eléctrica	Requiere corriente eléctrica
Gran espacio para cultivar	Poco espacio para cultivar

Fuente: Autor.

4.3. COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL CULTIVO HIDROPÓNICO EBB & FLOW AUTOMATIZADO.

De acuerdo a los requerimientos presentados por la función EcoSur-Ecuador (Sede Riobamba) **Anexo 1** para la instalación del cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado en su sede en un espacio físico asignado se procedió a la instalación de la infraestructura necesaria: mesa de soporte, bandeja hidropónica, cableado eléctrico, tanque para la solución nutritiva, instalación tubería; otro requerimiento dado fue la portabilidad del sistema para poderlo reubicar en cualquier momento y rápidamente.

Tabla 12

Materiales para instalación de la infraestructura cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado.

MATERIALES		
Material	Cantidad	Dimensiones (cm.)
Mesa de soporte de acero inoxidable	1	90 cm x 90cm x12cm
Bandeja hidropónica	1	90 cm x 90cm x12cm
Cable solido AWG # 14	1	2000 cm
Cortapicos 120V AC	1	8cm x 30cm
Tubería PVC ½ pulgada	1	200cm
Tubería de caucho ½ pulgada	1	3000cm
Adaptador tubería 1 a ½ pulgada	1	
Clavos concreto 5/8 pulgada	20	0,02cm
Hilo nilón para pesca	1	5000cm
Tanque plástico reforzado	1	50cm x 30cm x35cm
Enchufe 120V AC	1	
Conector macho 120V AC	7	

Fuente: Autor.

Figura 25

Instalación infraestructura cultivo hidropónico EBB and FLOW automatizado



Fuente: Autor.

4.4. SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL CULTIVO HIDROPÓNICO EBB and FLOW.

En el diseño del sistema de monitoreo y control automático se usaron varios componentes y dispositivos electrónicos que funcionan en conjunto Raspberry Pi 4 b, Arruino Uno, Shield dispositivo **Anexo 4**, Ventilador 5V, módulo relay x8 5v, tarjeta de procesamiento del sensor pH, sensores; todo estos dispositivos ensamblados en una caja de acrílico diseñada en AutoCAD 2010 **Anexo 18**, obteniendo así el prototipo del sistema de monitoreo y control.

Figura 26

Dispositivo para el monitoreo y control del cultivo hidropónico EBB and FLOW

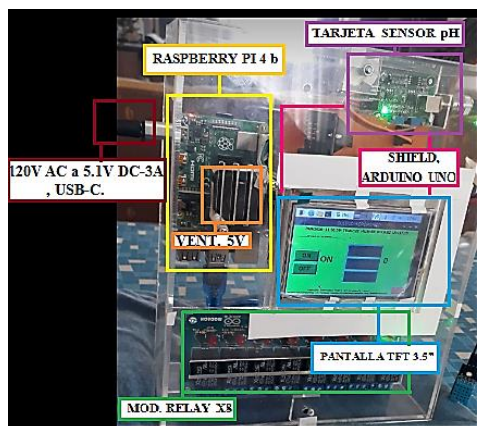


Fuente: Autor.

El dispositivo está conformado por una tarjeta Raspberry Pi 4 b está se encarga del procesamiento de la información obtenida por los sensores, se integró una pantalla TFT de 3.5” para la interacción con el usuario mediante una interfaz visual realizada en Tkinter-Python, también es la encargada de almacenar la información en una base de datos mediante Sqlite3 y de la conectividad con dispositivos inalámbricos mediante comunicación Wi-Fi. Para la ventilación del dispositivo un ventilador 5v, para lectura de los sensores se usó un Arduino Uno, tarjeta de procesamiento sensor pH, shield dispositivo y un módulo relay x8 para la activación de actuadores.

Figura 27

Componentes del dispositivo para el monitoreo y control del cultivo hidropónico EBB and FLOW



Fuente: Autor.

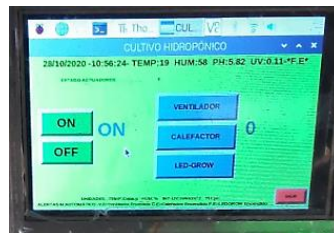
4.5. INTERFAZ GRÁFICA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL CULTIVO HIDROPÓNICO EBB and FLOW.

Para la interfaz gráfica del sistema se instaló el módulo Tkinter en Python, es un conjunto de funciones que envuelven las implementaciones widgets Tk como clases de Python. En primer lugar se debe ingresar al entorno gráfico de Raspbian en la Raspberry Pi4

b, buscamos el programa realizado en Python lo compilamos y automáticamente se abre la interfaz gráfica; está contiene un entorno sencillo y práctico de entender pudiendo ser usado por todas las personas comunes y corrientes, en este se visualizan las variables climáticas, químicas en tiempo real con sus respectivas unidades; además de un entorno para poder seleccionar la activación de actuadores de manera manual o automática dando así diferentes opciones que se ajusten a las necesidades del usuario.

Figura 28

Interfaz para el monitoreo y control del sistema

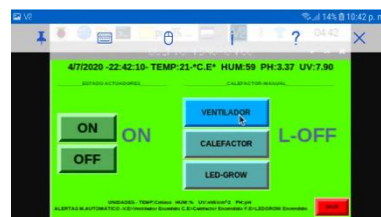


Fuente: Autor.

Mediante el servidor VNC se puede acceder remotamente la interfaz de monitoreo y control desde un dispositivo móvil como se muestra en la **Figura 30**.

Figura 29

Interfaz desde dispositivo móvil mediante servidor VNC.



Fuente: Autor.

Todos los componentes antes mencionados en conjunto forman parte del sistema hidropónico automatizado EBB and FLOW , el cual fue implementado en la fundación EcoSur-Ecuador (Sede Riobamba) , para comprobar la fiabilidad del prototipo que monitorea y controla el micro clima se lo mantuvo encendido durante 83 días en periodos de 7 horas diarias dando excelentes resultados en cuanto a fiabilidad se refiere, también se probó el sistema sembrando Lechugas (Black Seeded Simpson) usando el sustrato Berger BM2, obteniendo excelentes resultados en las características de las lechugas sembradas (volumen , masa y sabor).

Figura 30

Sistema hidropónico automatizado EBB and FLOW implementado.



Fuente: Autor.

En la **Figura 31** se muestra el sistema implementado y funcionando, también se observa las lechugas sembradas en el sistema hidropónico una semana antes de su cosecha.

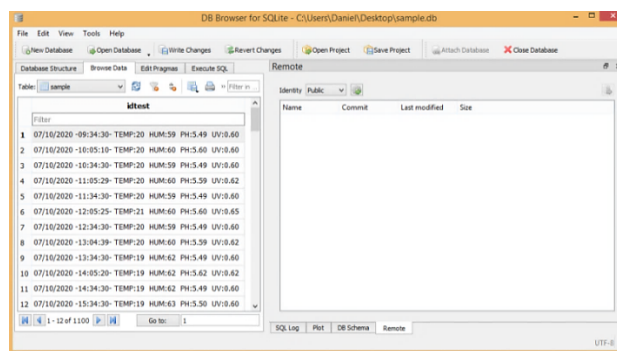
4.6. ALMACENAMIENTO DE DATOS MEDIANTE SQLITE EN EL PERIODO DE CULTIVO.

El dispositivo de monitoreo y control del cultivo hidropónico EBB and FLOW posee un proceso de almacenamiento de datos cada 30 minutos durante el periodo de cultivo, 6

horas diarias de lunes a viernes, periodo en el cual se sembró y cosechó la lechuga hidropónica; generando un archivo sample.db y almacenado en la tarjeta micro SD de la Raspberry Pi 4b para su posterior importación y apertura en el software DB Browser for SQLite en la PC.

Figura 31

Archivo sample.db en DB Browser for SQLite



Fuente: Autor.

El software DB Browser for SQLite nos permite abrir el archivo sample.db que contiene los datos de temperatura °C, humedad %, pH, intensidad UV mW/cm² e importarlos a Excel y visualizarlo en la PC, donde se observó el correcto funcionamiento del sistema y el control del microclima **Anexo 7** (dentro de los rangos deseados para el cultivo lechuga hidropónica Black Seeded Simpson **Tabla 10**).

4.9. ANÁLISIS DE RESULTADOS VOLUMEN Y MASA DE LA LECHUGA BLACK SEED SIMPSON.

Se recolectaron datos de volumen (mm^3) y masa (gr.) de 6 lechugas sembradas en tierra a cielo abierto durante 83 días y datos de 6 lechugas hidropónicas EBB and FLOW (un dato diario para cada lechuga) **Anexo 10** y **Anexo 11**. El periodo de crecimiento de la

Lechuga desde que se siembra (semilla) hasta la cosecha dura alrededor de 3 a 4 meses, diámetro de 18 a 30 cm y una masa de 300 gr.(Info Campo Argentina, 2021).

Tabla 13

Muestra de datos aleatorios de volumen (mm³) y masa (gr.) lechugas Black Seed Simpson en tierra a cielo abierto.

MUESTRA DE DATOS ALEATORIOS VOLUMEN(mm3) Y MASA(gr.) CULTIVO LECHUGAS EN TIERRA A CIELO ABIERTO											
No	# ALEATORIO	Vol. (mm3)	Masa (gr.)	No	# ALEATORIO	Vol. (mm3)	Masa (gr.)	No	# ALEATORIO	Vol. (mm3)	Masa (gr.)
1	19	810	0,05265	73	23	1980	0,1287	145	14	162	0,01053
2	218	492115	31,987475	74	94	70	0,00455	146	111	4480	0,2912
3	130	205065	13,329225	75	198	8640	0,5616	147	3	0	0
4	26	3185	0,207025	76	236	4540800	295,152	148	191	2244	0,14586
5	225	1493300	97,0645	77	15	180	0,0117	149	141	1273536	82,77984
6	194	4800	0,312	78	217	405480	26,3562	150	148	2696766	175,28979
7	112	5040	0,3276	79	204	28944	1,88136	151	348	480	0,0312
8	223	1096732	71,28758	80	346	150	0,00975	152	44	123010	7,93065
9	73	4764744	309,70836	81	193	3952	0,25688	153	66	2923780	190,0457
10	171	0	0	82	146	2517696	163,65024	154	228	2318400	150,696
11	22	1560	0,1014	83	212	163760	10,6444	155	186	855	0,055575
12	48	242112	15,73728	84	135	492115	31,987475	156	60	1755360	114,0984
13	166	3793160	246,5554	85	192	3185	0,207025	157	116	8480	0,5512
14	99	420	0,0273	86	27	3952	0,25688	158	218	492115	31,987475
15	176	50	0,00325	87	79	3769600	245,024	159	119	21700	1,4105
16	440	2244	0,14586	88	24	2112	0,13728	160	425	50	0,00325
17	104	1050	0,06825	89	83	3534000	229,71	161	9	5	0,000325
18	3	0	0	90	128	140524	9,13406	162	109	3185	0,207025
19	99	420	0,0273	91	220	675000	43,875	163	219	586460	38,1199
20	20	810	0,05265	92	18	512	0,0328	164	215	291500	18,9475
21	170	0	0	93	144	2005770	130,37505	165	40	43200	2,808
22	156	4764744	309,70836	94	209	100440	6,5286	166	11	60	0,0039
23	207	58650	3,81225	95	122	34776	2,26044	167	65	2779110	180,64215
24	176	50	0,00325	96	74	4737042	307,90773	168	114	6912	0,44928
25	227	2005770	130,37505	97	52	492115	31,987475	169	136	586460	38,1199
26	115	8160	0,5304	98	11	60	0,0039	170	58	1273536	82,77984
27	271	1560	0,1014	99	147	2678295	174,089175	171	212	163760	10,6444
28	132	291500	18,9475	100	100	448	0,02912	172	56	917448	59,63412
29	8	5	0,000325	101	32	8000	0,52	173	188	1560	0,1014
30	107	2046	0,13299	102	86	0	0	174	173	10	0,00065
31	177	60	0,0039	103	88	0	0	175	194	4800	0,312
32	197	6048	0,39312	104	3	0	0	176	203	26000	1,69
33	221	773884	50,30246	105	71	4735332	307,79658	177	426	60	0,0039
34	33	8480	0,5512	106	87	0	0	178	125	75998	4,93987
35	173	10	0,00065	107	67	3110250	202,16625	179	217	405480	26,3562
36	417	0	0	108	416	0	0	180	193	3952	0,25688
37	121	28944	1,88136	109	14	162	0,01053	181	229	2517696	163,65024
38	93	50	0,00325	110	234	3962240	257,5456	182	59	1493300	97,0645
39	191	2244	0,14586	111	183	480	0,0312	183	60	1755360	114,0984
40	28	4480	0,2912	112	16	480	0,0312	184	222	917448	59,63412
41	51	405480	26,3562	113	133	347130	22,56345	185	191	2244	0,14586
42	143	1755360	114,0984	114	185	855	0,055575	186	88	0	0
43	59	1493300	97,0645	115	217	405480	26,3562	187	228	2318400	150,696
44	192	3185	0,207025	116	203	26000	1,69	188	281	8000	0,52
45	200	10640	0,6916	117	180	162	0,01053	189	181	180	0,0117
46	139	917448	59,63412	118	55	773884	50,30246	190	120	26000	1,69
47	14	162	0,01053	119	170	0	0	191	169	0	0
48	100	448	0,02912	120	91	20	0,0013	192	97	180	0,0117
49	180	162	0,01053	121	184	576	0,03744	193	24	2112	0,13728
50	206	43200	2,808	122	226	1755360	114,0984	194	23	1980	0,1287
51	32	8000	0,52	123	10	50	0,00325	195	32	8000	0,52
52	94	70	0,00455	124	72	4735332	307,79658	196	33	8480	0,5512
53	53	586460	38,1199	125	57	1096732	71,28758	197	64	2678295	174,089175
54	216	347130	22,56345	126	5	0	0	198	218	492115	31,987475
55	194	4800	0,312	127	41	58650	3,81225	199	141	1273536	82,77984
56	231	2696766	175,28979	128	132	291500	18,9475	200	227	2005770	130,37505
57	148	2696766	175,28979	129	122	34776	2,26044	201	346	150	0,00975
58	345	70	0,00455	130	123	43200	2,808	202	34	10640	0,6916
59	86	0	0	131	53	586460	38,1199	203	229	2517696	163,65024
60	157	4737042	307,90773	132	66	2923780	190,0457	204	185	855	0,055575
61	172	10	0,00065	133	140	1096732	71,28758	205	253	0	0
62	213	205065	13,329225	134	21	1320	0,0858	206	254	0	0
63	126	100440	6,5286	135	195	5040	0,3276	207	8	5	0,000325
64	220	675000	43,875	136	24	2112	0,13728	208	81	3534000	229,71
65	7	5	0,000325	137	59	1493300	97,0645	209	112	5040	0,3276
66	18	512	0,0328	138	100	448	0,02912	210	74	4737042	307,90773
67	272	1980	0,1287	139	153	4735332	307,79658	211	188	1560	0,1014
68	63	2517696	163,65024	140	111	4480	0,2912	212	22	1560	0,1014
69	76	4304178	279,77157	141	106	1740	0,1131	213	137	675000	43,875
70	81	3534000	229,71	142	8	5	0,000325	214	134	405480	26,3562
71	169	0	0	143	335	0	0	215	4	0	0
72	336	0	0	144	170	0	0	216	5	0	0
								217	79	3769600	245,024

Fuente: Autor.

La **Tabla 13** indica una muestra de 217 datos de volumen (mm^3) y 217 datos masa (gr.) aleatorios obtenida de una población de 489 datos de volumen (mm^3) y 489 datos masa (gr.) en las lechugas sembradas en tierra a cielo abierto.

Tabla 14

Análisis de datos estadístico (muestra) de volumen (mm^3) y masa (gr.) lechugas Black Seed Simpson en tierra a cielo abierto

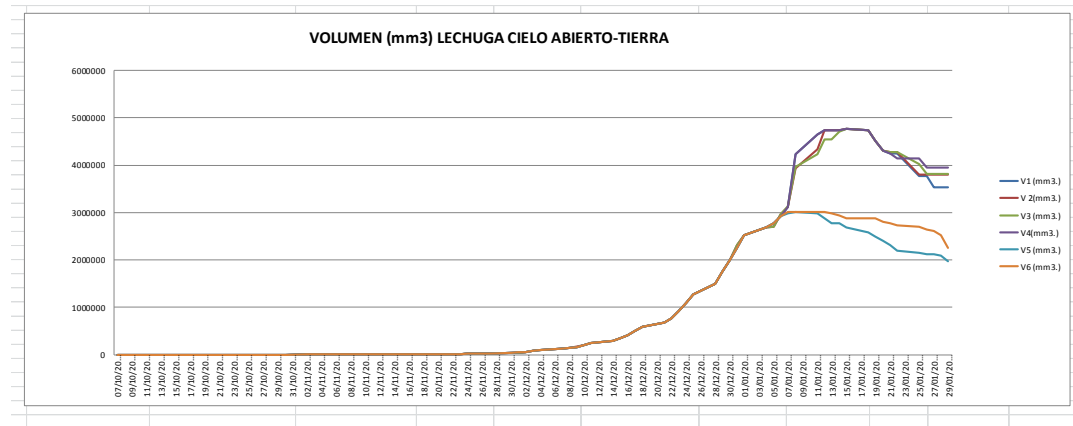
VOLUMEN (mm^3)		MASA (gr.)	
Media	717264,115	Media	46,6221675
Error típico	87796,245	Error típico	5,70675593
Mediana	8000	Mediana	0,52
Moda	0	Moda	0
Desviación estándar	1293319,45	Desviación estándar	84,0657642
Varianza de la muestra	1,6727E+12	Varianza de la muestra	7067,05271
Curtosis	2,61120781	Curtosis	2,61120781
Rango	4764744	Rango	309,70836
Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	4764744	Máximo	309,70836
Suma	155646313	Suma	10117,0103
Cuenta	217	Cuenta	217

Fuente: Autor.

La **Tabla 14** muestra un análisis de datos estadístico volumen (mm^3) y masa (gr.) como resultado para el volumen una media de 717264,115 (mm^3), desviación estándar de 1293319,45 y para la masa una media de 46,622 (gr.), desviación estándar de 84,065 en las lechugas sembradas en tierra a cielo abierto.

Figura 32

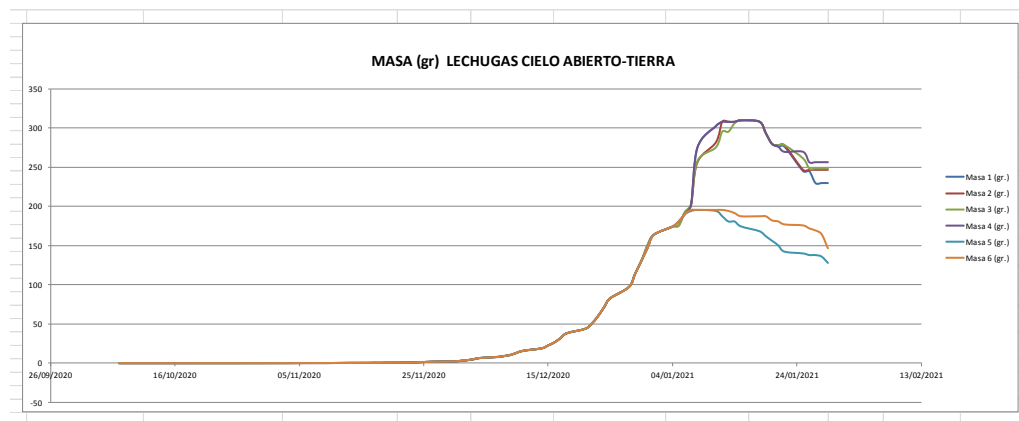
Gráficas volumen (mm^3) de 6 lechugas sembradas en tierra a cielo abierto



Fuente: Autor

Figura 33

Gráficas masa (gr.) de 6 lechugas sembradas en tierra a cielo abierto



Fuente: Autor

En la **Figura 32** y **Figura 33** se muestra la variación de volumen mm^3 y masa gr adquiridas por cada una de las 6 lechugas Black Seed Simpson sembradas en el cultivo hidropónico EBB and FLOW y las sembradas en tierra a cielo abierto en el transcurso de 83 días.

Tabla 15

Muestra de datos aleatorios volumen (mm³) y masa (gr.) lechugas hidropónicas EBB and FLOW

MUESTRA DE DATOS ALEATORIOS VOLUMEN(mm3) Y MASA(gr.) CULTIVO LECHUGAS HIDROPÓNICAS EBB and FLOW											
No	ALEATORIO	Vol. (mm ³)	Masa (gr.)	No	# ALEATORIO	Vol. (mm ³)	Masa (gr.)	No	# ALEATORIO	Vol. (mm ³)	Masa (gr.)
1	69	885500	57,5575	73	182	560	0,0364	145	367	16146	1,04949
2	48	60264	3,91716	74	229	115632	7,51608	146	392	104370	6,78405
3	61	105840	6,8796	75	190	1320	0,0858	147	351	720	0,0468
4	76	4692625	305,02625	76	173	0	0	148	361	3600	0,234
5	31	4662	0,30303	77	209	47328	3,07632	149	390	99015	6,435975
6	12	80	0,0052	78	189	1320	0,0858	150	386	71630	4,65595
7	74	4695600	305,214	79	225	104370	6,78405	151	334	0	0
8	57	97580	6,3427	80	212	59292	3,85398	152	398	233640	15,1866
9	197	4662	0,30303	81	53	68096	4,42624	153	20	720	0,0468
10	172	0	0	82	3	0	0	154	215	62496	4,06224
11	209	47328	3,07632	83	46	59292	3,85398	155	237	2462460	160,0599
12	176	12	0,00078	84	17	560	0,0364	156	376	51272	3,33268
13	306	97580	6,3427	85	498	4437600	288,444	157	379	60264	3,91716
14	269	720	0,0468	86	59	104370	6,78405	158	344	80	0,0052
15	268	720	0,0468	87	26	2275	0,147875	159	387	80600	5,239
16	253	0	0	88	72	3594240	233,6256	160	368	18900	1,2285
17	286	19950	1,29675	89	240	4529448	294,41412	161	336	0	0
18	24	1320	0,0858	90	196	4896	0,31824	162	401	885500	57,5575
19	14	180	0,0117	91	194	3248	0,21112	163	359	2808	0,18252
20	11	64	0,00416	92	177	72	0,00468	164	399	375732	24,42258
21	410	4722900	306,9885	93	414	4585520	298,0588	165	354	1140	0,0741
22	411	4695912	305,23428	94	185	720	0,0468	166	338	0	0
23	492	4541250	295,18125	95	194	3248	0,21112	167	347	180	0,0117
24	223	97580	6,3427	96	67	375732	24,42258	168	393	105840	6,8796
25	185	720	0,0468	97	10	14	0,00091	169	370	24624	1,60056
26	415	4585520	298,0588	98	42	47328	3,07632	170	360	3248	0,21112
27	49	62496	4,06224	99	375	47328	3,07632	171	403	2462460	160,0599
28	71	2462460	160,0599	100	356	1320	0,0858	172	404	3594240	233,6256
29	1	0	0	101	371	28728	1,86732	173	405	4348188	282,63222
30	73	4348188	282,63222	102	238	3548160	230,6304	174	406	4695600	305,214
31	237	2462460	160,0599	103	239	4292442	279,00873	175	407	4722900	306,9885
32	159	4601800	299,117	104	181	198	0,01287	176	408	4722900	306,9885
33	160	4601800	299,117	105	241	4555782	296,12583	177	409	4722900	306,9885
34	90	0	0	106	242	4555782	296,12583	178	19	720	0,0468
35	332	4582424	297,85756	107	215	62496	4,06224	179	15	180	0,0117
36	200	9500	0,6175	108	189	1320	0,0858	180	28	3248	0,21112
37	114	4662	0,30303	109	296	60264	3,91716	181	437	1140	0,0741
38	120	19600	1,274	110	316	375732	24,42258	182	469	71630	4,65595
39	161	4601800	299,117	111	259	14	0,00091	183	485	1448370	94,14405
40	104	1140	0,0741	112	305	83080	5,4002	184	482	375732	24,42258
41	87	0	0	113	272	1320	0,0858	185	474	104370	6,78405
42	136	68096	4,42624	114	275	2275	0,147875	186	454	28728	1,86732
43	148	158000	10,27	115	308	104370	6,78405	187	484	885500	57,5575
44	101	640	0,0416	116	297	60264	3,91716	188	426	64	0,00416
45	116	7200	0,468	117	261	80	0,0052	189	441	2275	0,147875
46	98	180	0,0117	118	282	7200	0,468	190	456	47328	3,07632
47	109	2184	0,14196	119	313	127650	8,29725	191	475	104370	6,78405
48	140	97580	6,3427	120	223	97580	6,3427	192	434	720	0,0468
49	132	62496	4,06224	121	233	368064	23,92416	193	462	60264	3,91716
50	126	47328	3,07632	122	232	230985	15,014025	194	472	97580	6,3427
51	149	233640	15,1866	123	243	4555782	296,12583	195	447	6400	0,416
52	125	47328	3,07632	124	23	1320	0,0858	196	420	0	0
53	117	9500	0,6175	125	260	64	0,00416	197	422	0	0
54	138	80600	5,239	126	301	68096	4,42624	198	473	99015	6,435975
55	99	560	0,0364	127	292	47328	3,07632	199	450	16146	1,04949
56	119	18900	1,2285	128	304	80600	5,239	200	449	9500	0,6175
57	241	4555782	296,12583	129	252	0	0	201	467	68096	4,42624
58	105	1140	0,0741	130	251	0	0	202	424	30	0,00195
59	150	375732	24,42258	131	256	0	0	203	471	83080	5,4002
60	131	60264	3,91716	132	433	640	0,0416	204	468	68096	4,42624
61	118	16146	1,04949	133	479	127650	8,29725	205	461	59292	3,85398
62	88	0	0	134	486	2497638	162,34647	206	438	1320	0,0858
63	147	127650	8,29725	135	487	3456000	224,64	207	432	560	0,0364
64	154	2462460	160,0599	136	488	4180950	271,76175	208	452	19950	1,29675
65	155	3456000	224,64	137	489	4515000	293,475	209	319	1448370	94,14405
66	156	4236696	275,38524	138	293	51272	3,33268	210	267	640	0,0416
67	157	4575200	297,388	139	237	2462460	160,0599	211	289	34200	2,223
68	125	47328	3,07632	140	63	115632	7,51608	212	295	59292	3,85398
69	75	4722900	306,9885	141	239	4292442	279,00873	213	317	566610	36,82965
70	55	80600	5,239	142	240	4529448	294,41412	214	287	24624	1,60056
71	77	4692625	305,02625	143	124	47328	3,07632	215	490	4541250	295,18125
72	412	4668768	303,46992	144	413	4668768	303,46992	216	491	4541250	295,18125
								217	39	28728	1,86732

Fuente: Autor.

La **Tabla 15** indica una muestra de 217 datos de volumen (mm^3) y 217 datos masa aleatorios obtenida de una población de 489 datos de volumen (mm^3) y 217 datos masa (gr.) de las lechugas hidropónicas EBB and FLOW.

Tabla 16

Análisis de datos estadístico (muestra) de volumen (mm^3) y masa (gr.) lechugas Black Seed Simpson hidropónicas EBB and FLOW

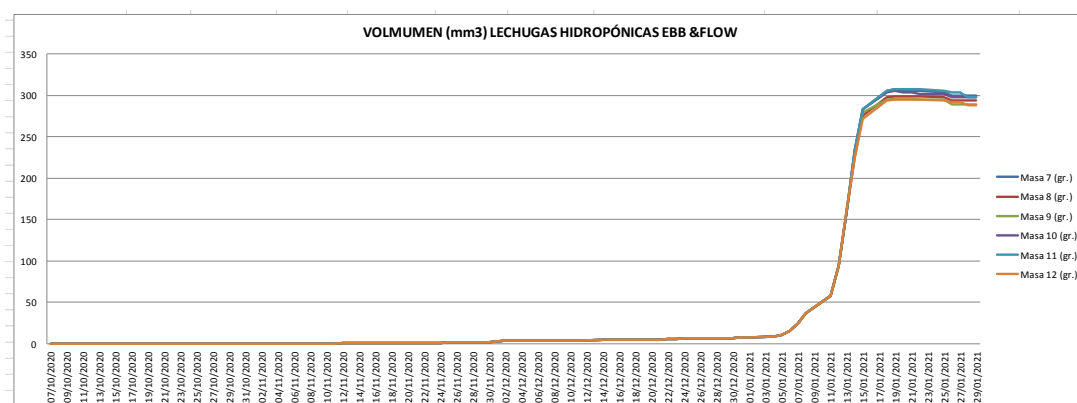
Volumen (mm^3)		Masa (gr)	
Media	983090,3041	Media	63,90086977
Error típico	117980,6027	Error típico	7,668739175
Mediana	59292	Mediana	3,85398
Moda	0	Moda	0
Desviación estándar	1737962,804	Desviación estándar	112,9675822
Varianza de la muestra	3,02051E+12	Varianza de la muestra	12761,67464
Curtosis	0,25238627	Curtosis	0,25238627
Rango	4722900	Rango	306,9885
Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	4722900	Máximo	306,9885
Suma	213330596	Suma	13866,48874
Cuenta	217	Cuenta	217

Fuente: Autor.

La **Tabla 16** muestra un análisis de datos estadístico volumen (mm^3) y masa (gr.) como resultado para el volumen una media de 983090,30 mm^3 , desviación estándar de 1737962,804 y para la masa una media de 63,90 gr, desviación estándar de 112,96 en las lechugas hidropónico EBB and FLOW.

Figura 34

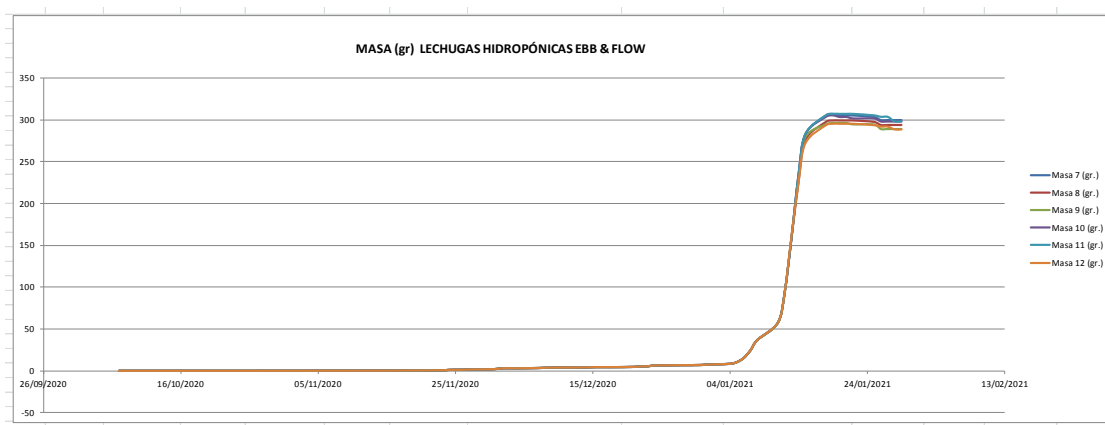
Gráficas volumen (mm³) de 6 lechugas en cultivo hidropónico EBB and FLOW



Fuente: Autor.

Figura 35

Gráficas masa (gr.) de 6 lechugas en cultivo hidropónico EBB and FLOW



Fuente: Autor.

En la **Figura 34** y **Figura 35** se muestra la variación de volumen (mm³) y masa (gr.) adquiridas por cada una de las 6 lechugas sembradas en el cultivo hidropónico EBB and FLOW durante el transcurso de 83 días.

4.9. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA

4.9.1. Prueba de hipótesis

- **VOLUMEN**

H₀= Con una significancia del 5% se puede afirmar que el volumen alcanzado por las lechugas hidropónicas EBB and FLOW (V₁) es menor o igual al volumen alcanzado por las lechugas sembradas en tierra a cielo abierto (V₂). **H₀: V₁ ≤ V₂**.

H₁= Se puede afirmar que el volumen alcanzado por las lechugas hidropónicas EBB and FLOW (V₁) es mayor al volumen alcanzado por las lechugas sembradas en tierra a cielo abierto. (V₂). **H₁: V₁>V₂**.

Tabla 17

Datos lechuga prueba hipótesis volumen.

CULTIVO	Media (\bar{x})	Desviación estándar (S)	Muestra(n)
LECHUGAS HIDROPONICAS EBB and FLOW	983090,30	1737962,804	217
LECHUGAS EN TIERRA A CIELO ABIERTO	717264,115	1293319,45	217

Fuente: Autor.

Significancia del 5% entonces $Z_c=1,64$.

$$Z_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n} + \frac{s_2^2}{n}}}$$
$$Z_p = \frac{983090,30 - 717264,115}{\sqrt{\frac{1737962,804^2}{217} + \frac{1293319,45^2}{217}}}$$
$$Z_p = 1,80$$

Como $Z_p = 1,80$ encuentra en la región a la derecha del valor crítico $Z_c = 1,64$ ($Z_p > Z_c$), con el nivel de significancia 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula $H_0: V_1 < V_2$ y se acepta la hipótesis alternativa $H_1: V_1 > V_2$.

- **MASA**

H₁₀= Con una significancia del 5% se puede afirmar que la masa alcanzada por las lechugas hidropónicas EBB and FLOW (m1) es menor o igual al masa alcanzado por las lechugas sembradas en tierra a cielo abierto (m2). **H₁₀: m1 ≤ m2**

H₁₁= Se puede afirmar que la masa alcanzada por las lechugas hidropónicas EBB and FLOW es mayor al volumen alcanzado por las lechugas sembradas en tierra a cielo abierto. **H₁₁: m1 > m2**

Tabla 18

Datos lechuga prueba hipótesis masa.

CULTIVO	Media (\bar{x})	Desviación estándar (S)	Muestra(n)
LECHUGAS HIDROPONICAS EBB and FLOW	63,90	112,96	217
LECHUGAS EN TIERRA A CIELO ABIERTO	46,622	84,065	217

Fuente: Autor.

Significancia del 5% entonces $Z_c = 1,64$.

$$Z_p = \frac{63,90 - 46,622}{\sqrt{\frac{112,96^2}{217} + \frac{84,065^2}{217}}}$$

$$Z_p = 1,8075$$

Como $Z_p = 1,8075$ encuentra en la región a la derecha del valor crítico $Z_c = 1,64$ ($Z_p > Z_c$), con un nivel de significancia 0.05, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula $H_{10}: m_1 < m_2$ y se acepta la hipótesis alternativa $H_{11}: m_1 > m_2$.

4.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La gran demanda de la población por obtener alimentos a obligado a que cada vez se ocupé más espacios para la agricultura llevando consigo problemas como deforestación, contaminación, uso desmedido del agua, etc.; estos problemas generados obligan a las personas a buscar nuevas formas y tecnologías para cultivar, razón por la cual se creó el prototipo del sistema hidropónico EBB and FLOW para monitorear y controlar las variables climáticas mediante una interfaz amigable con el usuario pudiendo acceder de manera directa o remota, la base de datos muestra las variables climáticas controladas (**Anexo 7**) dentro de los rangos requeridos para el cultivo de la lechuga Black Seeded Simpson (**Tabla 10**) durante el periodo de cultivo comprobando la eficiencia y buen funcionamiento del dispositivo. El control y monitoreo de estas variables, en todo momento, le permite al sistema hidropónico EBB and FLOW mantener un microclima constante para el adecuado desarrollo del cultivo (en este punto es evidente la enorme ventaja en comparación al cultivo a cielo abierto).

Se sembraron 6 lechugas Black Seeded Simpson dentro del cultivo hidropónico EBB and FLOW y 6 lechugas Black Seeded Simpson en tierra a cielo abierto, se recolectaron datos para cada tipo de cultivo, mediante un análisis estadístico de una muestra de 217 datos aleatorios de volumen (mm^3) y 217 datos aleatorios de masa (gr.), obteniendo una

superioridad en las lechugas sembradas dentro del cultivo hidropónico EBB and FLOW datos que se validaron mediante pruebas de hipótesis.

También realizó también una encuesta de degustación de las lechugas cosechadas en los dos tipos de cultivos a 10 personas **Anexo 15**, obteniendo resultados favorables para el tipo de lechuga al interior **Anexo 12**, se obtuvo porcentajes de selección **Anexo 13** del 94%, 72% y 78% para las preguntas 1, 2, 3 respectivamente para la lechuga hidropónica EBB and FLOW y porcentajes del 6%, 28% y 22% para las preguntas 1, 2, 3 respectivamente para la lechuga sembrada en tierra a cielo abierto, obteniendo así una clara preferencia de las personas encuestadas para las lechugas (Black Seeded Simpson) sembradas en el sistema hidropónico EBB & FLOW.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.1. *Observaciones.*

- Se observó un recalentamiento en la Raspberry Pi 4 b al cabo de varias horas de uso del prototipo, por lo que se optó por la instalación de un ventilador y disipadores de calor en el dispositivo.
- Se observó un crecimiento parejo durante todo el periodo del cultivo de las lechugas (Black Seeded Simpson) hidropónicas obtenido un mayor volumen de cosecha en comparación a las lechugas sembrada en tierra a cielo abierto.

5.1.2. *Conclusiones.*

- Se diseñó e implementó un sistema hidropónico EBB and FLOW automatizado para la fundación EcoSur-Ecuador (sede Riobamba). El prototipo del sistema está basado en el dispositivo Raspberry Pi 4 b ya que por su fiabilidad y prestaciones resultó indispensable para el desarrollo del proyecto, se desarrolló un sketch en Python 3.6.5 mediante su módulo Tkinter para el monitoreo y control del sistema con un entorno gráfico comprensible para todas las personas, además mediante el módulo SQLite3 de Python se generó una base de datos de las variables climáticas y químicas generadas dentro del cultivo hidropónico automatizado EBB and FLOW. Finalmente se implementó un servidor VNC que nos permite una conexión remota al prototipo desde un dispositivo móvil, cumpliendo con los objetivos del proyecto de investigación, satisfaciendo los requerimientos y necesidades de la EcoSur-Ecuador (sede Riobamba).

- Se tomaron mediciones del crecimiento de 6 plantas de lechuga sembradas en tierra a cielo abierto y de 6 lechugas sembradas en el cultivo hidropónico EBB and FLOW, y mediante un análisis estadístico de los de datos obtenidos (Volumen mm³.y masa gr.) se determinó que el cultivo al interior superó al del exterior validando los resultados mediante una pruebas de hipótesis, esto permitirá al pequeño productor utilizar menos recursos y obtener mejores resultados, con una mínima participación, en un mismo período de tiempo.
- El desarrollo e implementación de este sistema hidropónico EBB and FLOW automatizado se convierte en una gran opción para el cultivo de alimentos en lugares nunca antes pensados. Esto permitirá que, mediante el uso de este sistema optimizado, el pequeño productor requiera un menor consumo de recursos, obtenga una posible fuente de ingresos (mejorando su calidad de vida) y brinde además alternativas de cultivos sustentables.

5.1.3. Recomendaciones.

- Como principal recomendación la implementación (réplica) del sistema hidropónico EBB and FLOW en comunidades exentas de las condiciones mínimas adecuadas para los diferentes tipos de cultivos tradicionales.
- Se recomienda además la socialización y capacitación a los pequeños productores y agricultores sobre estas nuevas tecnologías y nuevas formas optimizadas de cultivo, además de la participación de profesionales y expertos dentro de la rama Agrícola, para el desarrollo futuro de otro tipo de cultivos hidropónicos, como por ejemplo aquellos cultivos de plantas frutales que requieren polinización.

BIBLIOGRAFÍA

Ana Carolina Ortiz Vásquez, F. J. *DESARROLLO DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGAS AUTOMATIZADO TIPO FLUJO Y REFLUJO, CON SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA FUNDACIÓN CULTIVOS DE AMOR [Tesis ingeniería, ITM].*

Repositorio general.

Anthura. (2015). *La influencia del pH en el cultivo*. Recuperado el 12 de Abril de 2021, de

Anthura: [https://www.anthura.nl/growing-advice/la-influencia-del-ph-en-el-](https://www.anthura.nl/growing-advice/la-influencia-del-ph-en-el-cultivo/?lang=es&cookies=ok)

[cultivo/?lang=es&cookies=ok](https://www.anthura.nl/growing-advice/la-influencia-del-ph-en-el-cultivo/?lang=es&cookies=ok)

Arroyo Cornejo Carlos, A. L. (2020). CONSTRUCCIÓN DE UN MEDIDOR DE INTENSIDAD DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 2.

avelectronics. (2020). *avelectronics*. Recuperado el 2020, de

<https://avelectronics.cc/producto/sensor-luz-ultravioleta-uv-ml8511/>

Barbosa Pira, D. S. (2019). Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables agroecológicas en cultivos bajo invernadero. *π Revista Especializada en Tecnología e Ingeniería*, 53-56.

Blentrano José, I. G. (2015). *Cultivo en hidroponía*. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

Caballero, D. C. (2017). *Scidle science and technology*. Recuperado el 4 de 8 de 2020, de

Cómo usar un sensor de pH : <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/>

Carlos, C. (2005). *Invernadero automatizado*. Buenos Aires: Recursos Didácticos.

Carrasco Ríos, L. (2009). EFFECT OF ULTRAVIOLET-B RADIATION IN PLANTS. *Idesia (Arica)*, 27(3), 59-76.

CCMA. (2019). *HERRAMIENTAS EMPRESARIALES*. Obtenido de Automatización de procesos industriales:
<http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Buenaspracticasesempresariales/BibliotecaProduccionOperaciones/Automatizaciondelosprocesosindustriales.aspx>

CCMA. (2019). *HERRAMIENTAS EMPRESARIALES*. Obtenido de Automatización de los procesos industriales:
<http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Buenaspracticasesempresariales/BibliotecaProduccionOperaciones/Automatizaciondelosprocesosindustriales.aspx>

Chasallet, S. (2016). *Python 3 Los fundamentos del Lenguaje*. España: ENI Ediciones.

Díaz Coutiño, R. y Escarcega Castellanos, S. (2019). *Desarrollo sustentable. Una oportunidad para la vida*. México D.F: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A de C. V.

Domínguez Caballero, L. &. (2018). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (LACTUCA SATIVA L.) EN SISTEMA DE CULTIVO HIDROPÓNICO Y SISTEMA DE CULTIVO TRADICIONAL EN EL DISTRITO DE CAPITÁN MIRANDA, DEPARTAMENTO DE ITAPÚA*. DEPARTAMENTO DE ITAPÚA.: Contabilidad, Marketing Y Empresa, 4(1). .

Echeverri, S. *Tecnificación e implementación de tres métodos de cultivo hidropónico : water culture, EBB & FLOW (flow and drain) y drip system recovery* [Tesis de Ingeniería, Universidad Javeriana de Cali]. Repositorio Institucional.

Electrónica SMD. (2020). *Sensores y actuadores para agua*. Obtenido de Válvula Solenoide para Agua : <https://www.electronicasmd.com/productos/sensores/agua/>

Escudero Yanelis, L. G. Cultivo Hidropónico. *Cultivo Hidropónico*. Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá.

FAO. (2017). Aprovechar los sistemas alimentarios para la transformación rural. En FAO, *El estado mundial de la agricultura y alimentación* (pág. 14). Roma.

Gonzales, S. *Tecnificación e implementación de tres métodos de cultivo hidropónico: WATER CULTURE, EBB & FLOW (FLOW AND DRAIN) y DRIP SYSTEM RECOVERY*, [Tesis de Ingeniería, PONTIFICIA Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional, Santiago de Cali.

GONZALEZ, S. N. *Tecnificación e implementación de tres métodos de cultivo hidropónico: WATER CULTURE, EBB & FLOW (FLOW AND DRAIN) y DRIP SYSTEM RECOVERY*, [Tesis de Ingeniería Electrónica], Respositorio. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Santiago de Cali.

HUERTO URBANO GROW. (2016). *HUERTO URBANO GROW*. Obtenido de <https://huertourbanogrow.com/cultivo-hidroponico-2a-parte/>

Info Campo Argentina. (Viernes de Marzo de 2021). *Lechugas de hogar: cómo iniciar la siembra con o sin semillas en forma rápida y simple*. Obtenido de Info Campo Argentina: <https://www.infocampo.com.ar/lechugas-de-hogar-como-iniciar-la-siembra-con-o-sin-semillas-en-forma-rapida-y-simple/>

José Blentrano, D. G. (2015). *Cultivo en hidroponía*. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

Lema, D. *Evaluación de tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa l.) Var. Crispa, en invernadero, Departamento de Horticultura, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo [Tesis Ingeniería, Escuela Politécnica de Chimborazo]*. Repositorio Institucional.

Loza, J. *ALGORITMO DE ACCESO AL MEDIO EN CAPA APLICACIÓN PARA TECNOLOGÍA SENSOR NODE DEVICE (MOTE), APLICADO A ESTÁNDARES DE COMUNICACIÓN RF, ZIGBEE, WIFI Y BLUETOOTH*[Tesis Ingeniería, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional.

Manzano, J. “*EVALUACIÓN DE TRES DOSIS DE POTASIO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) var. crispa BAJO EL SISTEMA HIDROPÓNICO EN INVERNADERO*”[Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional.

Mañas, A. *DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNINVERNADERO INTELIGENTE CONTROLADO CON ARDUINO*[Tesis de Ingeniería, Escuela Politécnica Superior de Jaén]. Repositorio Institucional.

Muhammad Daud, V. H. (2018). Design And Realization Of Fuzzy Logic Control For Ebb And Flow Hydroponic System. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH* , 138 - 141.

Naciones Unidas. (2019). *Naciones Unidas*. Obtenido de Cambio Climático:

<https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

ON Eléctrica. (2019). *HOGAR*. Obtenido de Extractor de aire Smart Air serie:

<https://onelectrica.mx/hogar/ventiladores/extractores/extractor-de-aire-smart-air-serie-1700-industrial-8-eco.html#ancla>

Ortiz Vásquez Ana Carolina, A. M. *DESARROLLO DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGAS AUTOMATIZADO TIPO FLUJO Y REFLUJO, CON SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA FUNDACIÓN CULTIVOS DE AMOR [Tesis ingeniería, ITM]*.

Repositorio general.

Pedro Ponce, A. M. *Controladores inteligentes para invernadero hidropónico [Tecnológico de Monterrey]*. Repositorio Institucional.

Pérez R, R. F. (2017). Evaluación de la calidad del agua en un humedal de agua salada del Caribe. *Revista INGENIERÍA UC*, 417-427.

Prieto, J. (2017). *PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADERO BASADO EN ARDUINO Y SENSORES CON CONTROL DE COMANDO WEB*. Encarnación : Tecnología, Diseño E Innovación, 3(1). .

raspberrypi. (2020). *raspberrypi*. Obtenido de

<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>

Serna Ruíz Antonio, R. G. (2010). *Guía Práctica de Sensores*. España: Creaciones Copyright.

UNT. (23 de Marzo de 2017). *La Importancia de la Agricultura en nuestro país*. Obtenido de <https://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091>

Xataka. (2019). *Ordenadores*. Recuperado el 2019, de

<https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-4-analisis-caracteristicas-precio-especificaciones>

Yanelis Escudero, L. G. Cultivo Hidropónico. *Cultivo Hidropónico*. Universidad de Panamá,
Ciudad de Panamá.

Zambrano Cortés Nelson Humberto, B. P. (2014). Automatización de un cultivo hidropónico.
Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 50.

ANEXOS

Anexo 1. Reunión con EcoSur – Riobamba

EcoSur Network es la red para el hábitat ecológico y económico para las necesidades básicas del ser humano ropa, alimentación y vivienda. EcoSur dirige sus esfuerzos al gran déficit habitacional en países del sur por medio de proyectos de vivienda social, otro enfoque de Eco Sur son investigaciones en curso por medio de la cuales se conecta la ciencia con la práctica mediante el intercambio de conocimientos a través de la transferencia de tecnología y su difusión por su sitio web, publicaciones periódicas, seminarios, conferencias, suministro de equipos y consultorías. La Universidad Nacional de Chimborazo viene desarrollando y difundiendo el conocimiento a través de la aplicación de procesos investigación y desarrollo; mediante convenio con EcoSur Network forman parte del proyecto de investigación “ANÁLISIS, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO EBB AND FLOW AUTOMATIZADO PARA LA FUNDACIÓN ECOSUR-ECUADOR” con el apoyo de su representante Ing. Diego Coloma, mediante una reunión realizada en su sede se abordaron los lineamientos propuestos por EcoSur en términos de plazos, forma de construcción y la planta a sembrarse, se optó por la Lechuga ya que al ser una planta que no requiere polinización y también es muy requerida por las personas resultó una excelente opción; este proyecto que se dio a conocer en la inauguración de la nueva sede EcoSur en Riobamba con la participación de autoridades y sus máximos representantes nacionales e internacionales. EcoSur ha tenido interés en solucionar las necesidades referentes a alimentación en las grandes ciudades donde no existe todos los recursos necesarios (espacio, clima, agua, minerales) para cultivo de plantas medicinales, ornamentales y hortalizas que son básicas en la alimentación de las personas, esto se soluciona con el desarrollo e implementación de un sistema automatizado para un cultivo hidropónico de tipo EBB and

FLOW en la sede EcoSur y para su posterior replica en la población urbanas y en comunidades rurales de la provincia de Chimborazo. Este proyecto generará gran aporte a la comunidad mediante el uso correcto de los recursos naturales usados en la agricultura y ofrecer la posibilidad de nueva de la agricultura tradicional a una nueva en lugares como: cuartos, terrazas, balcones sin la necesidad de suelo; mediante reunión realizada en EcuSur-Riobamba con su representante máximo Ing. .Diego Coloma, tutor del proyecto de Investigación Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD. (UNACH) y el estudiante Cristian Porras se dio paso a este proyecto investigativo para su difusión, apoyo y aval.

Anexo 2. Oficios emitidos por las entidades

Figura 36

Carta de aval de la Fundación EcoSur-Ecuador



Fuente: Autor.

Figura 37

Carta de apoyo de la Fundación EcoSur-Ecuador



Fuente: Autor.

Anexo 3. Creación servidor VNC

SERVIDOR VNC

Para la implementación del servidor VNC hay que asegurarse que la versión reciente de VNC Connect esté instalada en la Raspberry Pi, mediante los siguientes comandos ingresando a la terminal.

Figura 38

Comandos para instalar VNC-server

```
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get update
Hit:1 http://raspbian.raspberrypi.org/raspbian stretch InRelease
Hit:2 http://archive.raspberrypi.org/debian stretch InRelease
Reading package lists... Done
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get install realvnc-vnc-server realvnc-vnc-viewer
Reading package lists... Done
Building dependency tree
```

Fuente: Autor.

Para activar el servidor VNC en la Raspberry Pi 4b mediante la comandos en la terminal se necesita ingresar el siguiente comando `raspi-config`, que se indica en la siguiente figura:

Figura 39

Comandos para activar vnc-server

```
pi@raspberrypi:~$ sudo raspi-config
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/vncserver-x11-service.service → /usr/lib/systemd/system/vncserver-x11-service.service.
```

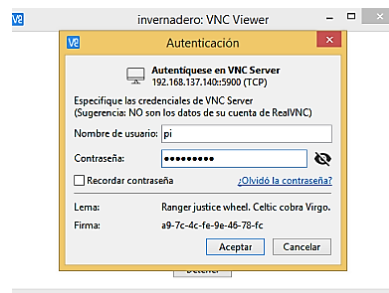
Fuente: Autor.

Para establecer una conexión directa el dispositivo debe estar conectada a la misma red local privada que su Raspberry Pi, por ejemplo en una red Ethernet o inalámbrica.

Instalamos en el dispositivo la aplicación VNC Viewer, posteriormente se introduce la dirección IP en la línea VNC Server, en la línea Nombre introducimos el nombre de nuestro servidor y presionamos aceptar así se establece la conexión.

Figura 40

Autenticación VNC Server



Fuente: Autor.

Así conseguimos crear y establecer la conexión del dispositivo a la Raspberry Pi mediante el servidor VNC y así acceder remotamente al entorno gráfico de raspbian.

Figura 41

Acceso remoto entorno gráfico de Raspbian en la Raspberry Pi 4 b



Fuente: Autor

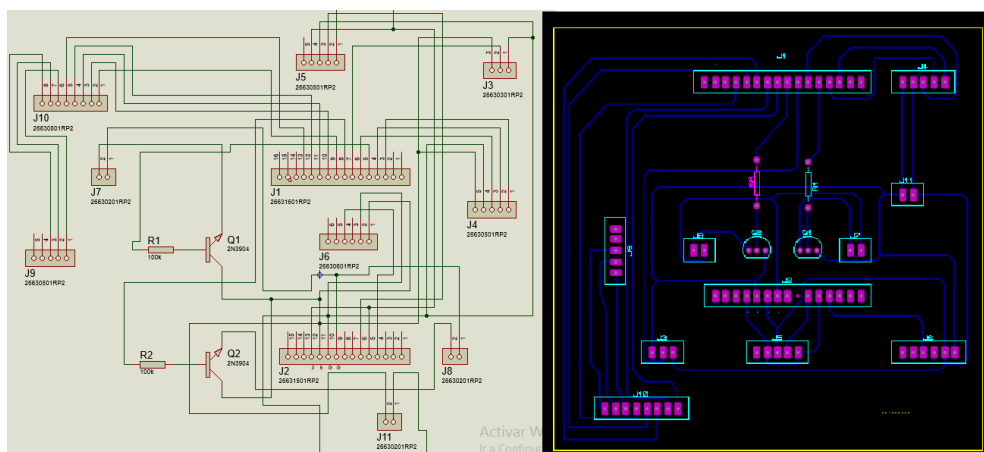
Anexo 4. Diseño del circuito electrónico y PCB.

DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y PCB

En el diseño del sistema automático del cultivo hidropónico EBB and FLOW se desarrolló una shield en el software para simulación de circuitos Proteus Professional 8 para el correcto acoplamiento de dispositivos electrónicos que forman parte del sistema, la fuente de alimentación del circuito tendrá un alimentación de 110V (AC-DC) a 5.1V 3A, USB-C.

Figura 42

Shield del circuito electrónico y PCB



Fuente: Autor.

Anexo 5. Programación Python 3.6.5.

```
import tkinter as tk #importación librerías
import serial
import time
import sqlite3
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
GPIO19 = 19 #asignación puertos GPIO
GPIO26 = 26
GPIO13 = 13
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(GPIO19, GPIO.OUT)
GPIO.setup(GPIO26, GPIO.OUT)
GPIO.setup(GPIO13, GPIO.OUT)
thing = ''
ser = serial.Serial('/dev/ttyACM0', 9600) #inicio comunicación serial
print("INICIANDO")
time.sleep(2)
ser.write(bytes("", 'UTF-8'))
contador1= 0
GPIO19_State = True
GPIO26_State = True
GPIO13_State = True
def counter_label(self):
def count():
global counter
global contador1
counter += 1
contador1 += 1
data = ser.readline().decode('ascii') #lectura datos desde el Arduino
print (data)
label.config(text=str(data))
label.after(1000, count)
con = sqlite3.connect('BASEDATOS.db') #base de datos
cur = con.cursor()
cur.execute("""CREATE TABLE IF NOT EXISTS sample(id serial,clima real)""")
if contador1 == 0:
cur.execute("""INSERT INTO sample(clima) VALUES(?)""")(data,)
if contador1 == 1800:
cur.execute("""INSERT INTO sample(clima) VALUES(?)""")(data,)
con.commit()
count()
def set_button_state(): #función encendido actuadores
global b
b = 'ON'
varLabel.set("_____ESTADO ACTUADORES_____")
varLabel5.set("UNIDADES - TEMP:Celsius HUM:% INT-UV:mW/cm^2 PH:pH \nALERTAS
M.AUTOMÁTICO -V.E=Ventilador Encendido C.E=Calefactor Encendido F.E=LEDGROW Encendido" )
ser.write(bytes('H', 'UTF-8'))
varLabel2.set(b)
print(b)
def set_button1_state():
global b
b = 'OFF'
varLabel.set("_____ESTADO ACTUADORES_____")
ser.write(bytes('L', 'UTF-8'))
varLabel2.set(b)
print(b)
def set_button2_state(): #función salir
global root
ser.write(bytes('L', 'UTF-8'))
root.destroy()
ser.close()
def set_button3_state():#función ON/OFF ventilador
```

```

global GPIO19_State
if GPIO19_State == True:
GPIO.output(GPIO19, GPIO19_State)
GPIO19_State = False
global c
c = 'V-ON'
varLabel4.set("_____VENTILADOR-MANUAL_____")
varLabel3.set(c)
print(c)
else:
GPIO.output(GPIO19, GPIO19_State)
GPIO19_State = True
c = 'V-OFF'
varLabel4.set("_____VENTILADOR-MANUAL_____")
varLabel3.set(c)
print(c)
def set_button4_state(): #función ON/OFF calefactory manual
global GPIO26_State
if GPIO26_State == True:
GPIO.output(GPIO26, GPIO26_State)
GPIO26_State = False
global c
c = 'C-ON'
varLabel4.set("_____CALEFACTOR-MANUAL_____")
varLabel3.set(c)
print(c)
else:
GPIO.output(GPIO26, GPIO26_State)
GPIO26_State = True
c = 'C-OFF'
varLabel4.set("_____CALEFACTOR-MANUAL_____")
varLabel3.set(c)
print(c)
def set_button5_state(): #función ON/OFF led grow light
global GPIO13_State
if GPIO13_State == True:
GPIO.output(GPIO13, GPIO13_State)
GPIO13_State = False
global c
c = 'L-ON'
varLabel4.set("_____LED GROW LIGHT-MANUAL_____")
varLabel3.set(c)
print(c)
else:
GPIO.output(GPIO13, GPIO13_State)
GPIO13_State = True
c = 'L-OFF'
varLabel4.set("_____LED GROW LIGHT-MANUAL_____")
varLabel3.set(c)
print(c)
root = tk.Tk()
root.title("CULTIVO HIDROPÓNICO")
root.geometry('480x260') #tamaño pantalla de la interfaz
root.config(bg="lawn green") #características de la fuente de la interfaz
label = tk.Label(root, fg="black",font=("Helvetica", 11,'bold'),bg = 'lawn green')
label.pack()
label2 = tk.Label(root, fg="dark green",font=("Helvetica", 7,'bold'),bg = 'lawn green',)
label2.pack()
label3 = tk.Label(root, fg="dark green",font=("Helvetica", 8,'bold'),bg = 'lawn green',)
label3.pack()
label4 = tk.Label(root, fg="dark green",font=("Helvetica", 8,'bold'),bg = 'lawn green',)
label4.pack()
label5 = tk.Label(root, fg="dark green",font=("Helvetica", 8,'bold'),bg = 'lawn green',)
label5.pack()
varLabel = tk.IntVar()
tkLabel = tk.Label(textvariable=varLabel,bg = "lawn green",font=("Helvetica", 6,'bold'),fg="dark green" )
tkLabel.pack()

```

```

tkLabel.place(x=8, y=30)
varLabel2 = tk.IntVar()
tkLabel2 = tk.Label(textvariable=varLabel2,bg = 'lawn green',font=("Helvetica", 24,'bold'),fg="SkyBlue4" )
tkLabel2.pack()
tkLabel2.place(x=110, y=100)
varLabel3 = tk.IntVar()
tkLabel3 = tk.Label(textvariable=varLabel3,bg = 'lawn green',font=("Helvetica", 24,'bold'),fg="SkyBlue4" )
tkLabel3.pack()
tkLabel3.place(x=360, y=100)
varLabel4 = tk.IntVar()
tkLabel4 = tk.Label(textvariable=varLabel4,bg = "lawn green",font=("Helvetica", 6,'bold'),fg="dark green",)
tkLabel4.pack()
tkLabel4.place(x=210, y=30)
varLabel5 = tk.IntVar()
tkLabel5 = tk.Label(textvariable=varLabel5,bg = "lawn green",font=("Helvetica", 6,'bold'),fg="black",)
tkLabel5.pack()
tkLabel5.place(x=3, y=235)
button = tk.IntVar()
button = tk.Button(root,
text='ON',
width=5,
command=set_button_state,
height = 1,
font=("Helvetica", 16,'bold'),
fg = "black",
bd = 5,
activebackground='green',
bg = 'lime green',
)
button.pack(side='left', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button.place(x=10, y=85)
button1 = tk.IntVar()
button1 = tk.Button(root,
text='OFF',
width=5,
command=set_button1_state,
height = 1,
fg = "black",
font=("Helvetica", 16,'bold'),
bd = 5,
activebackground='red',
bg = 'lime green',
button1.pack(side='left', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button1.place(x=10, y=135)
button2 = tk.Button(root,
text='SALIR',
width=5,
command=set_button2_state,
height = 1,
fg = "black",
bd = 5,
font=("Helvetica", 5,'bold'),
activebackground='green',
bg = 'Red',
)
button2.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button2.place(x=420, y=225)
button3 = tk.Button(root,
text='VENTILADOR',
width=15,
command=set_button3_state,
height = 2,
fg = "black",
bd = 4,
font=("Helvetica", 9,'bold'),
activebackground='deep sky blue',
bg = 'cadet blue',

```



```

)
button3.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button3.place(x=210, y=60)

button4 = tk.Button(root,
text='CALEFACTOR',
width=15,
command=set_button4_state,
height = 2,
fg = "black",
bd = 4,
font=("Helvetica", 9,'bold'),
activebackground='orange',
bg = 'cadet blue',
)
button4.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button4.place(x=210, y=110)
button5 = tk.Button(root,
text='LED-GROW',
width=15,
command=set_button5_state,
height = 2,
fg = "black",
bd = 4,
font=("Helvetica", 9,'bold'),
activebackground='medium violet red',
bg = 'cadet blue',
)
button5.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button5.place(x=210, y=160)
root.mainloop()

```

Anexo 6. Programación Arduino IDE.

```
#include <DS1302.h> // Importación librerías
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>

DS1302 rtc(2, 3, 5);
Time t;
int a=0,tsel=2,tse1=7,tbom=10,tbom1=13,c=0; /// Tiempos de encendido actuadores

int maxtemp=21,mintemp=14,temp,hum,pinSensor=6;
DHT dht (pinSensor, DHT11);

const int analogInPin = A2;
int sensorValue = 0,buf[10],tempe;
unsigned long int avgValue;
float d;

int REF_3V3 = A1, UVOUT = A0, uvmin=2;

const int rely = 7;
int actrely; // variable almacena datos en serie

void setup() {

  Serial.begin(9600); //velocidad comunicación serial

  dht.begin();
  pinMode(10, OUTPUT); // declaración puertos entrada y salida
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);

  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);

  pinMode(UVOUT, INPUT);
  pinMode(REF_3V3, INPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(rely, OUTPUT);

  //TODO: ...
}

void loop() {
  task1();
}

void task1() { //{period}: Periodo de Tiempo en el cual se va a ejecutar esta tarea
  unsigned long period=1000; //En Milisegundos

  static unsigned long previousMillis=0;

  if((millis()-previousMillis)>period){

    t = rtc.getTime(); // día, mes, año reloj
    delay(900);
    Serial.println();
    Serial.print(t.date);
    Serial.print("/");
    Serial.print(t.mon);
    Serial.print("/");
    Serial.print(t.year);
    Serial.print(" -");

    Serial.print(t.hour, DEC);
    Serial.print(":");
    Serial.print(t.min, DEC);
    Serial.print(":");
    Serial.print(t.sec, DEC);
```

```

a=t.hour;

actrely = Serial.read();//Activación actuadores.
if (actrely == 'H') {
digitalWrite(rely , HIGH);
}
if (actrely == 'L') {
digitalWrite(rely , LOW);
}

if (t.hour == a&& t.min == tsel&& t.sec == c){ /// Condición activación válvula solenoide
digitalWrite(9, HIGH);
}

if (t.hour == a&& t.min == tsel1&& t.sec == c){
digitalWrite(9, LOW) ;
}

if (t.hour == a&& t.min == tbom&& t.sec == c){ /// Condición activación bomba sumergible
digitalWrite(8, HIGH) ;
}

if (t.hour == a&& t.min == tbom1&& t.sec == c){
digitalWrite(8, LOW) ;
}

////////////////////////////////////v5
if (t.hour == a&& t.min == 1&& t.sec == c){ /// Condición activación ventilador 5V
digitalWrite(4, HIGH) ;
}

if (t.hour == a&& t.min == 16&& t.sec == c){
digitalWrite(4, LOW) ;
}

if (t.hour == a&& t.min == 32&& t.sec == c){
digitalWrite(4, HIGH) ;
}

if (t.hour == a&& t.min == 47&& t.sec == c){
digitalWrite(4, LOW) ;
}

temp = dht.readTemperature();
hum = dht.readHumidity();

if (temp >= maxtemp) { /// Condición estivación ventilador-extractor 120V
Serial.print("-*V.E*");
digitalWrite(10, HIGH);
}

if (temp < maxtemp) {
digitalWrite(10, LOW);
}

if (temp <= mintemp) {
Serial.print("-*C.E*");
digitalWrite(11, HIGH);
}

if (temp > mintemp){
digitalWrite(11, LOW);
}

Serial.print("- TEMP:");
Serial.print(temp);
Serial.print(" HUM:");
Serial.print(hum);

for(int i=0;i<10;i++)

```

```

    {
    buf[i]=analogRead(analogInPin);
    delay(10);
    }
for(int i=0;i<9;i++)
{
for(int j=i+1;j<10;j++)
{
if(buf[i]>buf[j])
{
tempe=buf[i];
buf[i]=buf[j];
buf[j]=tempe;
}
}
}
avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++)
avgValue+=buf[i];
float pHVol=(float)avgValue*5.0/1024/6;
float pHValue = -5.70 * pHVol + 22.32;

int uvLevel = averageAnalogRead(UVOUT);
int refLevel = averageAnalogRead(REF_3V3);
float outputVoltage = 3.3 / refLevel * uvLevel;
float uvIntensity = mapfloat(outputVoltage, 0.99, 2.8, 0.0, 15.0);

Serial.print(" PH:");
Serial.print(pHValue);
Serial.print(" UV:");
Serial.print(uvIntensity);

if (uvIntensity <= uvmin){ /// Condición ativación led grow light
Serial.print("-*F.E*");
digitalWrite(12, HIGH);
}

if (uvIntensity > uvmin){
digitalWrite(12, LOW);
}

previousMillis += period;
}
}

int averageAnalogRead(int pinToRead)
{
byte numberOfReadings = 8;
unsigned int runningValue = 0;

for(int x = 0 ; x < numberOfReadings ; x++)
runningValue += analogRead(pinToRead);
runningValue /= numberOfReadings;

return(runningValue);
}

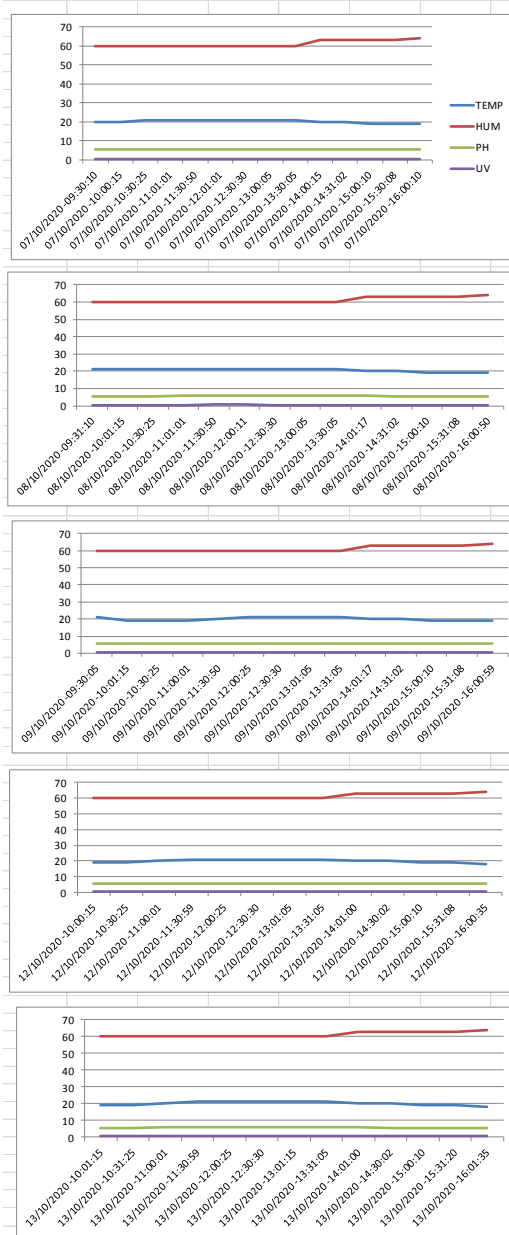
float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)
{
return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}

```

Anexo 7. Datos climáticos dentro del cultivo hidropónico EBB and FLOW

Figura 43

Análisis estadístico de los datos importados de BD Browser for Sqlite3 a Excel.



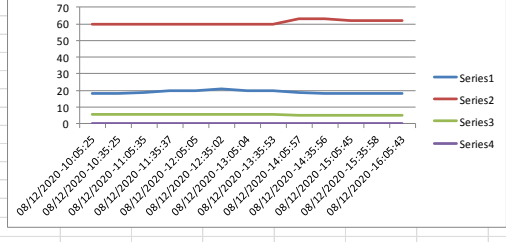
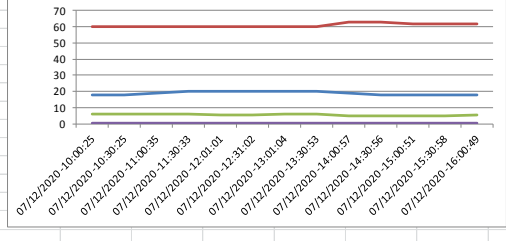
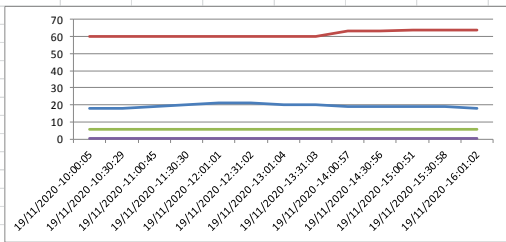
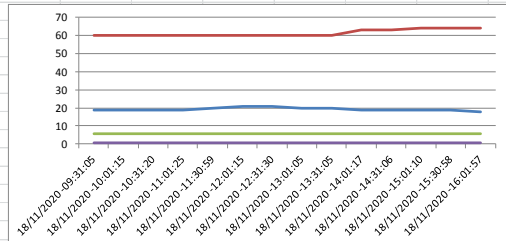
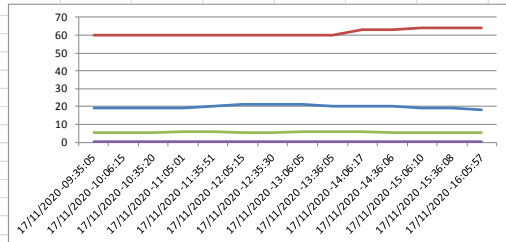
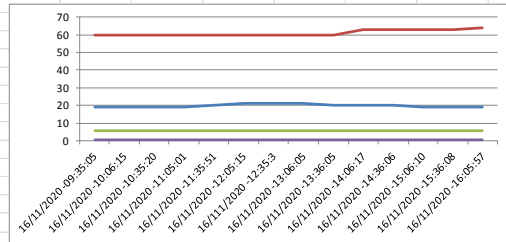
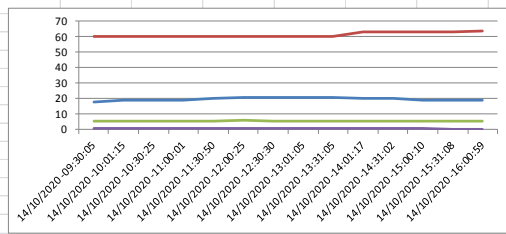
TEMP	HUM	PH	UV
Media 20,2857143	Media 61,1428571	Media 5,68	Media 0,54
Error típico 0,22060286	Error típico 0,43039903	Error típico 0,00901769	Error típico 0,01374813
Mediana 20,5	Mediana 60	Mediana 5,675	Mediana 0,55
Moda 21	Moda 60	Moda 5,65	Moda 0,5
Desviación e 0,82542031	Desviación e 1,61040572	Desviación e 0,0337411	Desviación e 0,05144078
Varianza de 0,68131868	Varianza de 2,59340659	Varianza de 0,00113846	Varianza de 0,00264615
Curtois -1,19227131	Curtois -1,48325651	Curtois -0,72126303	Curtois -1,33747511
Coefficiente -0,62529239	Coefficiente 0,76304595	Coefficiente 0,60276163	Coefficiente -0,17801007
Rango 2	Rango 4	Rango 0,1	Rango 0,15
Mínimo 19	Mínimo 60	Mínimo 5,65	Mínimo 0,45
Máximo 21	Máximo 64	Máximo 5,75	Máximo 0,6
Suma 284	Suma 856	Suma 79,52	Suma 7,56
Cuenta 14	Cuenta 14	Cuenta 14	Cuenta 14

Media 20,3846154	Media 61,2307692	Media 5,68076923	Media 0,51692308
Error típico 0,24121651	Error típico 0,45508306	Error típico 0,00902003	Error típico 0,01490932
Mediana 21	Mediana 60	Mediana 5,7	Mediana 0,5
Moda 21	Moda 60	Moda 5,65	Moda 0,55
Desviación e 0,86971849	Desviación e 1,64082531	Desviación e 0,03252218	Desviación e 0,05375634
Varianza de 0,75641026	Varianza de 2,69230769	Varianza de 0,00105769	Varianza de 0,00288974
Curtois -0,98307174	Curtois -1,71397403	Curtois -0,33208114	Curtois -1,19752174
Coefficiente -0,9301134	Coefficiente 0,63477717	Coefficiente 0,57176488	Coefficiente 0,17401259
Rango 2	Rango 4	Rango 0,1	Rango 0,15
Mínimo 19	Mínimo 60	Mínimo 5,65	Mínimo 0,45
Máximo 21	Máximo 64	Máximo 5,75	Máximo 0,6
Suma 265	Suma 796	Suma 73,85	Suma 6,72
Cuenta 13	Cuenta 13	Cuenta 13	Cuenta 13

Media 19,8461538	Media 61,2307692	Media 5,68076923	Media 0,50769231
Error típico 0,24925926	Error típico 0,45508306	Error típico 0,00902003	Error típico 0,01069111
Mediana 20	Mediana 60	Mediana 5,7	Mediana 0,5
Moda 19	Moda 60	Moda 5,65	Moda 0,5
Desviación e 0,89871703	Desviación e 1,64082531	Desviación e 0,03252218	Desviación e 0,03854734
Varianza de 0,80769231	Varianza de 2,69230769	Varianza de 0,00105769	Varianza de 0,0014859
Curtois -1,77835498	Curtois -1,71397403	Curtois -0,33208114	Curtois -0,92874645
Coefficiente 0,34199787	Coefficiente 0,63477717	Coefficiente 0,57176488	Coefficiente -0,38677716
Rango 2	Rango 4	Rango 0,1	Rango 0,11
Mínimo 19	Mínimo 60	Mínimo 5,65	Mínimo 0,44
Máximo 21	Máximo 64	Máximo 5,75	Máximo 0,55
Suma 258	Suma 796	Suma 73,85	Suma 6,6
Cuenta 13	Cuenta 13	Cuenta 13	Cuenta 13

Media 20	Media 61,3333333	Media 5,68333333	Media 0,5075
Error típico 0,30151134	Error típico 0,4819992	Error típico 0,00940127	Error típico 0,0120683
Mediana 20	Mediana 60	Mediana 5,7	Mediana 0,5
Moda 21	Moda 60	Moda 5,7	Moda 0,5
Desviación e 1,04446594	Desviación e 1,66969422	Desviación e 0,03256695	Desviación e 0,04180583
Varianza de 1,09090909	Varianza de 2,78787879	Varianza de 0,00106061	Varianza de 0,00174773
Curtois -0,85555556	Curtois -1,93383743	Curtois -0,33673469	Curtois -0,77496397
Coefficiente -0,57445626	Coefficiente 0,48954551	Coefficiente 0,43865684	Coefficiente -0,55038026
Rango 3	Rango 4	Rango 0,1	Rango 0,12
Mínimo 18	Mínimo 60	Mínimo 5,65	Mínimo 0,43
Máximo 21	Máximo 64	Máximo 5,75	Máximo 0,55
Suma 240	Suma 736	Suma 68,2	Suma 6,09
Cuenta 12	Cuenta 12	Cuenta 12	Cuenta 12

Media 20	Media 61,3333333	Media 5,66583333	Media 0,5075
Error típico 0,30151134	Error típico 0,4819992	Error típico 0,01827643	Error típico 0,0120683
Mediana 20	Mediana 60	Mediana 5,7	Mediana 0,5
Moda 21	Moda 60	Moda 5,7	Moda 0,5
Desviación e 1,04446594	Desviación e 1,66969422	Desviación e 0,0633114	Desviación e 0,04180583
Varianza de 1,09090909	Varianza de 2,78787879	Varianza de 0,00400833	Varianza de 0,00174773
Curtois -0,85555556	Curtois -1,93383743	Curtois 0,76542012	Curtois -0,77496397
Coefficiente -0,57445626	Coefficiente 0,48954551	Coefficiente -1,17054534	Coefficiente -0,55038026
Rango 3	Rango 4	Rango 0,21	Rango 0,12
Mínimo 18	Mínimo 60	Mínimo 5,54	Mínimo 0,43
Máximo 21	Máximo 64	Máximo 5,75	Máximo 0,55
Suma 240	Suma 736	Suma 67,99	Suma 6,09
Cuenta 12	Cuenta 12	Cuenta 12	Cuenta 12



Media	19,8461538	Media	61,2307692	Media	5,68076923	Media	0,50769231
Error típico	0,24925926	Error típico	0,45508306	Error típico	0,00902003	Error típico	0,01069111
Mediana	20	Mediana	60	Mediana	5,7	Mediana	0,5
Moda	19	Moda	60	Moda	5,65	Moda	0,5
Desviación e	0,89871703	Desviación e	1,64082531	Desviación e	0,03252218	Desviación e	0,03854734
Varianza de	0,80769231	Varianza de	2,69230769	Varianza de	0,00105769	Varianza de	0,0014859
Curtois	-1,77835498	Curtois	-1,71397403	Curtois	-0,33208114	Curtois	-0,92874645
Coefficiente	0,34199787	Coefficiente	0,63477717	Coefficiente	0,57176488	Coefficiente	-0,38067716
Rango	2	Rango	4	Rango	0,1	Rango	0,11
Mínimo	19	Mínimo	60	Mínimo	5,65	Mínimo	0,44
Máximo	21	Máximo	64	Máximo	5,75	Máximo	0,55
Suma	258	Suma	796	Suma	73,85	Suma	6,6
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13

Media	19,7692308	Media	61,2307692	Media	5,63846154	Media	0,50769231
Error típico	0,23076923	Error típico	0,45508306	Error típico	0,0171287	Error típico	0,01069111
Mediana	20	Mediana	60	Mediana	5,65	Mediana	0,5
Moda	19	Moda	60	Moda	5,7	Moda	0,5
Desviación e	0,83205029	Desviación e	1,64082531	Desviación e	0,06175842	Desviación e	0,03854734
Varianza de	0,69230769	Varianza de	2,69230769	Varianza de	0,0038141	Varianza de	0,0014859
Curtois	-1,33939394	Curtois	-1,71397403	Curtois	-1,46444974	Curtois	-0,92874645
Coefficiente	0,49773603	Coefficiente	0,63477717	Coefficiente	-0,42675957	Coefficiente	-0,38067716
Rango	2	Rango	4	Rango	0,15	Rango	0,11
Mínimo	19	Mínimo	60	Mínimo	5,55	Mínimo	0,44
Máximo	21	Máximo	64	Máximo	5,7	Máximo	0,55
Suma	257	Suma	796	Suma	73,3	Suma	6,6
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13

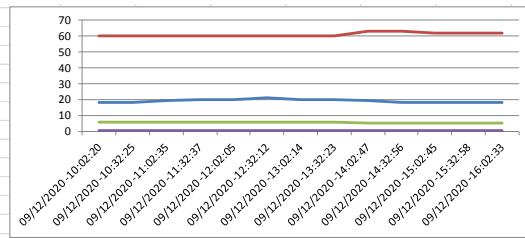
Media	19,6923077	Media	61,3846154	Media	5,63846154	Media	0,51461538
Error típico	0,26274233	Error típico	0,51314093	Error típico	0,0171287	Error típico	0,00851961
Mediana	20	Mediana	60	Mediana	5,65	Mediana	0,5
Moda	19	Moda	60	Moda	5,7	Moda	0,5
Desviación e	0,94733093	Desviación e	1,85015592	Desviación e	0,06175842	Desviación e	0,03071791
Varianza de	0,8974359	Varianza de	3,42307692	Varianza de	0,0038141	Varianza de	0,00094359
Curtois	-0,81849351	Curtois	-1,76934042	Curtois	-1,46444974	Curtois	-0,14299735
Coefficiente	-0,03701445	Coefficiente	0,63545427	Coefficiente	-0,42675957	Coefficiente	-0,33318299
Rango	3	Rango	4	Rango	0,15	Rango	0,1
Mínimo	18	Mínimo	60	Mínimo	5,55	Mínimo	0,45
Máximo	21	Máximo	64	Máximo	5,7	Máximo	0,55
Suma	256	Suma	798	Suma	73,3	Suma	6,69
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13

Media	19,4615385	Media	61,3846154	Media	5,63846154	Media	0,50307692
Error típico	0,24325213	Error típico	0,51314093	Error típico	0,0171287	Error típico	0,0117334
Mediana	19	Mediana	60	Mediana	5,65	Mediana	0,5
Moda	19	Moda	60	Moda	5,7	Moda	0,5
Desviación e	0,87705802	Desviación e	1,85015592	Desviación e	0,06175842	Desviación e	0,04230536
Varianza de	0,76923077	Varianza de	3,42307692	Varianza de	0,0038141	Varianza de	0,00178974
Curtois	-0,12054545	Curtois	-1,76934042	Curtois	-1,46444974	Curtois	-1,64610494
Coefficiente	0,57527033	Coefficiente	0,63545427	Coefficiente	-0,42675957	Coefficiente	-0,17511207
Rango	3	Rango	4	Rango	0,15	Rango	0,1
Mínimo	18	Mínimo	60	Mínimo	5,55	Mínimo	0,45
Máximo	21	Máximo	64	Máximo	5,7	Máximo	0,55
Suma	253	Suma	798	Suma	73,3	Suma	6,54
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13

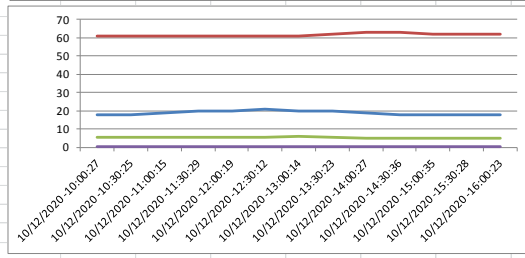
Media	19,4166667	Media	61,5	Media	5,6475	Media	0,5025
Error típico	0,28757959	Error típico	0,54355731	Error típico	0,02299951	Error típico	0,01425551
Mediana	19	Mediana	60	Mediana	5,675	Mediana	0,5
Moda	19	Moda	60	Moda	5,7	Moda	0,5
Desviación e	0,99620492	Desviación e	1,88293774	Desviación e	0,07967263	Desviación e	0,04938255
Varianza de	0,99242424	Varianza de	3,54545455	Varianza de	0,00634773	Varianza de	0,00243864
Curtois	-0,65380805	Curtois	-1,99316239	Curtois	-1,15741587	Curtois	-0,7851469
Coefficiente	0,27432352	Coefficiente	0,49023231	Coefficiente	-0,11672363	Coefficiente	-0,71235699
Rango	3	Rango	4	Rango	0,25	Rango	0,13
Mínimo	18	Mínimo	60	Mínimo	5,53	Mínimo	0,42
Máximo	21	Máximo	64	Máximo	5,78	Máximo	0,55
Suma	233	Suma	738	Suma	67,77	Suma	6,03
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12

Media	19	Media	61	Media	5,43083333	Media	0,43833333
Error típico	0,27524094	Error típico	0,36927447	Error típico	0,09205119	Error típico	0,01173142
Mediana	19	Mediana	60	Mediana	5,6	Mediana	0,43
Moda	18	Moda	60	Moda	5,7	Moda	0,4
Desviación e	0,95346259	Desviación e	1,2792043	Desviación e	0,31887468	Desviación e	0,04063884
Varianza de	0,90909091	Varianza de	1,63636364	Varianza de	0,10168106	Varianza de	0,00165152
Curtois	-2,12666667	Curtois	-1,5617284	Curtois	-2,07077562	Curtois	-1,37406212
Coefficiente	4,8446E-17	Coefficiente	0,62538877	Coefficiente	-0,35808097	Coefficiente	0,55408649
Rango	2	Rango	3	Rango	0,78	Rango	0,1
Mínimo	18	Mínimo	60	Mínimo	5	Mínimo	0,4
Máximo	20	Máximo	63	Máximo	5,78	Máximo	0,5
Suma	228	Suma	732	Suma	65,17	Suma	5,26
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12

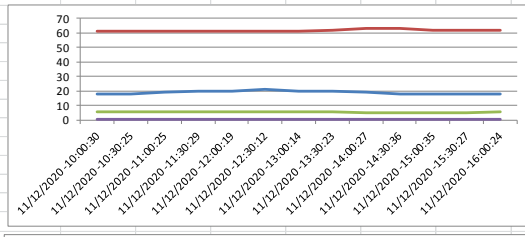
Media	19,0833333	Media	61	Media	5,42416667	Media	0,41833333
Error típico	0,3128155	Error típico	0,36927447	Error típico	0,08997018	Error típico	0,006835
Mediana	19	Mediana	60	Mediana	5,6	Mediana	0,405
Moda	18	Moda	60	Moda	5,7	Moda	0,4
Desviación e	1,08362467	Desviación e	1,2792043	Desviación e	0,31166586	Desviación e	0,02367712
Varianza de	1,17424242	Varianza de	1,63636364	Varianza de	0,09713561	Varianza de	0,00056061
Curtois	-1,38126119	Curtois	-1,5617284	Curtois	-2,09628566	Curtois	-1,67193572
Coefficiente	0,32269238	Coefficiente	0,62538877	Coefficiente	-0,38961441	Coefficiente	0,73054901
Rango	3	Rango	3	Rango	0,71	Rango	0,05
Mínimo	18	Mínimo	60	Mínimo	5	Mínimo	0,4
Máximo	21	Máximo	63	Máximo	5,71	Máximo	0,45
Suma	229	Suma	732	Suma	65,09	Suma	5,02
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12



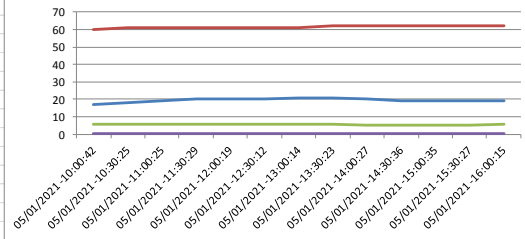
Media	19	Media	60,9230769	Media	5,43461538	Media	0,43
Error típico	0,29957234	Error típico	0,34828404	Error típico	0,08913844	Error típico	0,00493548
Mediana	19	Mediana	60	Mediana	5,6	Mediana	0,43
Moda	18	Moda	60	Moda	5,7	Moda	0,45
Desviación e	1,08012345	Desviación e	1,25575598	Desviación e	0,3213932	Desviación e	0,01779513
Varianza de	1,16666667	Varianza de	1,57692308	Varianza de	0,10329359	Varianza de	0,00031667
Curtosis	-1,29350649	Curtosis	-1,31806825	Curtosis	-1,96159502	Curtosis	-1,91981869
Coefficiente	0,46892187	Coefficiente	0,76455037	Coefficiente	-0,52342707	Coefficiente	0,10486176
Rango	3	Rango	3	Rango	0,71	Rango	0,04
Mínimo	18	Mínimo	60	Mínimo	5	Mínimo	0,41
Máximo	21	Máximo	63	Máximo	5,71	Máximo	0,45
Suma	247	Suma	792	Suma	70,65	Suma	5,59
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13



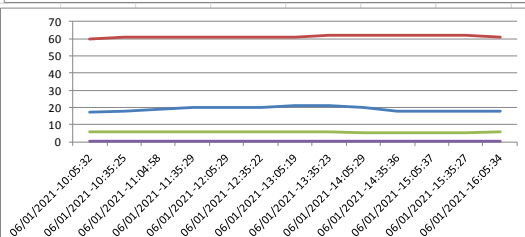
Media	19	Media	61,6153846	Media	5,45153846	Media	0,42846154
Error típico	0,29957234	Error típico	0,21299036	Error típico	0,08356516	Error típico	0,00552919
Mediana	19	Mediana	61	Mediana	5,6	Mediana	0,43
Moda	18	Moda	61	Moda	5,7	Moda	0,45
Desviación e	1,08012345	Desviación e	0,76794765	Desviación e	0,30129847	Desviación e	0,01993579
Varianza de	1,16666667	Varianza de	0,58974359	Varianza de	0,09078077	Varianza de	0,00039744
Curtosis	-1,29350649	Curtosis	-0,580409	Curtosis	-1,8090167	Curtosis	-1,63065822
Coefficiente	0,46892187	Coefficiente	0,84924267	Coefficiente	-0,56655177	Coefficiente	-0,12356383
Rango	3	Rango	2	Rango	0,71	Rango	0,05
Mínimo	18	Mínimo	61	Mínimo	5	Mínimo	0,4
Máximo	21	Máximo	63	Máximo	5,71	Máximo	0,45
Suma	247	Suma	801	Suma	70,87	Suma	5,57
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13



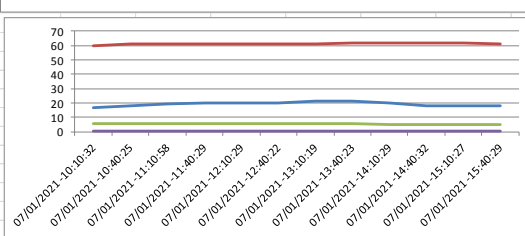
Media	19	Media	61,6153846	Media	5,47846154	Media	0,43
Error típico	0,29957234	Error típico	0,21299036	Error típico	0,07971782	Error típico	0,00543021
Mediana	19	Mediana	61	Mediana	5,6	Mediana	0,43
Moda	18	Moda	61	Moda	5,7	Moda	0,45
Desviación e	1,08012345	Desviación e	0,76794765	Desviación e	0,28742669	Desviación e	0,0195789
Varianza de	1,16666667	Varianza de	0,58974359	Varianza de	0,0826141	Varianza de	0,00038333
Curtosis	-1,29350649	Curtosis	-0,580409	Curtosis	-1,16648896	Curtosis	-1,46891218
Coefficiente	0,46892187	Coefficiente	0,84924267	Coefficiente	-0,87156911	Coefficiente	-0,31493127
Rango	3	Rango	2	Rango	0,71	Rango	0,05
Mínimo	18	Mínimo	61	Mínimo	5	Mínimo	0,4
Máximo	21	Máximo	63	Máximo	5,71	Máximo	0,45
Suma	247	Suma	801	Suma	71,22	Suma	5,59
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13



Media	19,3846154	Media	61,3846154	Media	5,50153846	Media	0,43
Error típico	0,31088091	Error típico	0,18040061	Error típico	0,08501015	Error típico	0,00452911
Mediana	19	Mediana	61	Mediana	5,7	Mediana	0,43
Moda	19	Moda	61	Moda	5,7	Moda	0,42
Desviación e	1,12089708	Desviación e	0,65044364	Desviación e	0,30650846	Desviación e	0,01632993
Varianza de	1,25641026	Varianza de	0,42307692	Varianza de	0,09394744	Varianza de	0,00026667
Curtosis	0,46721442	Curtosis	-0,33208114	Curtosis	-1,21762056	Curtosis	-0,98011364
Coefficiente	-0,49903708	Coefficiente	-0,57176488	Coefficiente	-0,80213325	Coefficiente	-0,27139233
Rango	4	Rango	2	Rango	0,8	Rango	0,05
Mínimo	17	Mínimo	60	Mínimo	5	Mínimo	0,4
Máximo	21	Máximo	62	Máximo	5,8	Máximo	0,45
Suma	252	Suma	798	Suma	71,52	Suma	5,59
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13



Media	19,0769231	Media	61,3076923	Media	5,50538462	Media	0,43
Error típico	0,3662271	Error típico	0,17484848	Error típico	0,08433462	Error típico	0,00423659
Mediana	19	Mediana	61	Mediana	5,7	Mediana	0,43
Moda	18	Moda	61	Moda	5,7	Moda	0,44
Desviación e	1,32045058	Desviación e	0,63042517	Desviación e	0,30407278	Desviación e	0,01527525
Varianza de	1,74358974	Varianza de	0,3974359	Varianza de	0,09246026	Varianza de	0,00023333
Curtosis	-1,40606716	Curtosis	-0,31728313	Curtosis	-1,13241528	Curtosis	-0,48311688
Coefficiente	0,09263974	Coefficiente	-0,30701247	Coefficiente	-0,90247125	Coefficiente	-0,49736675
Rango	4	Rango	2	Rango	0,8	Rango	0,05
Mínimo	17	Mínimo	60	Mínimo	5	Mínimo	0,4
Máximo	21	Máximo	62	Máximo	5,8	Máximo	0,45
Suma	248	Suma	797	Suma	71,57	Suma	5,59
Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13	Cuenta	13



Media	19,1666667	Media	61,25	Media	5,50083333	Media	0,43166667
Error típico	0,3859921	Error típico	0,17943514	Error típico	0,0902812	Error típico	0,00385992
Mediana	19,5	Mediana	61	Mediana	5,7	Mediana	0,435
Moda	18	Moda	61	Moda	5,7	Moda	0,44
Desviación e	1,33711585	Desviación e	0,62158156	Desviación e	0,31274324	Desviación e	0,01337116
Varianza de	1,78787879	Varianza de	0,38636364	Varianza de	0,09780833	Varianza de	0,00017879
Curtosis	-1,37270899	Curtosis	-0,09134948	Curtosis	-1,32761067	Curtosis	-1,37270899
Coefficiente	-0,08619615	Coefficiente	-0,17034346	Coefficiente	-0,82945872	Coefficiente	-0,08619615
Rango	4	Rango	2	Rango	0,8	Rango	0,04
Mínimo	17	Mínimo	60	Mínimo	5	Mínimo	0,41
Máximo	21	Máximo	62	Máximo	5,8	Máximo	0,45
Suma	230	Suma	735	Suma	66,01	Suma	5,18
Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12	Cuenta	12

Fuente: Autor.

Anexo 9. Dimensiones y volumen de lechugas hidropónicas EBB and FLOW durante 83 días.

Figura 45

Dimensiones de lechugas hidropónicas EBB & FLOW durante 83 días.

DÍAS	LECHUGAS HIDROPONICAS EBB & FLOW																							
	LECHUGA 1				LECHUGA 2				LECHUGA 3				LECHUGA 4				LECHUGA 5				LECHUGA 6			
	DIMENSIONES (mm)			V (mm3)	DIMENSIONES (mm)			V (mm3)	DIMENSIONES (mm)			V (mm3)	DIMENSIONES (mm)			V (mm3)	DIMENSIONES (mm)			V (mm3)	DIMENSIONES (mm)			V (mm3)
X	Y	Z	V7	X	Y	Z	V8	X	Y	Z	V9	X	Y	Z	V10	X	Y	Z	V11	X	Y	Z	V12	
07/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/10/2020	2	2	1	4	2	2	1	4	2	2	1	4	2	2	1	4	2	2	1	4	2	2	1	4
19/10/2020	5	2	1	10	5	2	1	10	6	2	1	12	5	2	1	10	5	2	1	10	5	2	1	10
20/10/2020	7	2	1	14	7	2	1	14	6	2	1	12	7	2	1	14	7	2	1	14	7	2	1	14
21/10/2020	8	4	2	64	8	4	2	64	9	4	2	72	8	4	2	64	8	4	2	64	8	4	2	64
22/10/2020	10	4	2	80	10	4	2	80	10	4	2	80	10	4	2	80	10	4	2	80	10	4	2	80
23/10/2020	10	6	2	80	10	6	2	80	10	6	2	80	10	6	2	80	10	6	2	80	10	6	2	80
26/10/2020	10	6	3	180	10	6	3	180	11	6	3	198	10	6	3	180	10	6	3	180	10	6	3	180
27/10/2020	10	6	3	180	10	6	3	180	11	6	3	198	10	6	3	180	10	6	3	180	10	6	3	180
28/10/2020	14	8	5	560	14	8	5	560	14	8	5	560	14	8	5	560	14	8	5	560	14	8	5	560
29/10/2020	14	8	5	560	14	8	5	560	14	8	5	560	14	8	5	560	14	8	5	560	14	8	5	560
30/10/2020	16	8	5	640	16	8	5	640	16	8	5	640	16	8	5	640	16	8	5	640	16	8	5	640
02/11/2020	16	9	5	720	16	9	5	720	16	9	5	720	16	9	5	720	16	9	5	720	16	9	5	720
03/11/2020	16	9	5	720	16	9	5	720	16	9	5	720	16	9	5	720	16	9	5	720	16	9	5	720
06/11/2020	19	10	6	1140	19	10	6	1140	19	10	6	1140	19	10	6	1140	19	10	6	1140	19	10	6	1140
07/11/2020	19	10	6	1140	19	10	6	1140	19	10	6	1140	19	10	6	1140	19	10	6	1140	19	10	6	1140
08/11/2020	20	11	6	1320	20	11	6	1320	20	11	6	1320	20	11	6	1320	20	11	6	1320	20	11	6	1320
09/11/2020	20	11	6	1320	20	11	6	1320	20	11	6	1320	20	11	6	1320	20	11	6	1320	20	11	6	1320
10/11/2020	22	11	6	1452	22	11	6	1452	22	11	6	1452	22	11	6	1452	22	11	6	1452	22	11	6	1452
11/11/2020	25	13	7	2275	24	13	7	2184	25	13	7	2275	25	13	7	2275	25	13	7	2275	25	13	7	2275
12/11/2020	27	13	8	2898	27	13	8	2898	27	13	8	2898	27	13	8	2898	27	13	8	2898	27	13	8	2898
13/11/2020	29	14	8	3348	29	14	8	3348	29	14	8	3348	29	14	8	3348	29	14	8	3348	29	14	8	3348
16/11/2020	30	15	8	3600	30	15	8	3600	30	15	8	3600	30	15	8	3600	30	15	8	3600	30	15	8	3600
17/11/2020	34	16	9	4896	34	16	9	4896	34	16	9	4896	34	16	9	4896	34	16	9	4896	34	16	9	4896
18/11/2020	37	14	9	4662	37	14	9	4662	37	14	9	4662	37	14	9	4662	37	14	9	4662	37	14	9	4662
20/11/2020	40	16	10	6400	40	16	10	6400	40	16	10	6400	40	16	10	6400	40	16	10	6400	40	16	10	6400
23/11/2020	50	19	10	9500	50	19	10	9500	50	19	10	9500	50	19	10	9500	50	19	10	9500	50	19	10	9500
24/11/2020	54	23	13	16346	54	23	13	16346	54	23	13	16346	54	23	13	16346	54	23	13	16346	54	23	13	16346
25/11/2020	54	25	14	19900	54	25	14	19900	54	25	14	19900	54	25	14	19900	54	25	14	19900	54	25	14	19900
26/11/2020	57	25	14	19950	56	25	14	19950	57	25	14	19950	57	25	14	19950	57	25	14	19950	57	25	14	19950
27/11/2020	57	27	16	24624	57	27	16	24624	57	27	16	24624	57	27	16	24624	57	27	16	24624	57	27	16	24624
28/11/2020	57	28	18	28728	57	28	18	28728	57	28	18	28728	57	28	18	28728	57	28	18	28728	57	28	18	28728
01/12/2020	57	30	20	34200	57	30	20	34200	57	30	20	34200	57	30	20	34200	57	30	20	34200	57	30	20	34200
02/12/2020	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328
03/12/2020	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328
04/12/2020	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328	58	34	24	47328
05/12/2020	58	34	26	51272	58	34	26	51272	58	34	26	51272	58	34	26	51272	58	34	26	51272	58	34	26	51272
08/12/2020	59	35	27	55755	59	35	27	55755	59	35	27	55755	59	35	27	55755	59	35	27	55755	59	35	27	55755
09/12/2020	61	36	27	59292	61	36	27	59292	61	36	27	59292	61	36	27	59292	61	36	27	59292	61	36	27	59292
10/12/2020	62	36	27	60264	62	36	27	60264	62	36	27	60264	62	36	27	60264	62	36	27	60264	62	36	27	60264
11/12/2020	62	36	27	60264	62	36	27	60264	62	36	27	60264	62	36	27	60264	62	36	27	60264	62	36	27	60264
14/12/2020	62	36	28	62496	62	36	28	62496	62	36	28	62496	62	36	28	62496	62	36	28	62496	62	36	28	62496
15/12/2020	63	38	28	67032	63	38	28	67032	63	38	28	67032	63	38	28	67032	63	38	28	67032	63	38	28	67032
16/12/2020	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096
17/12/2020	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096
18/12/2020	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096	64	38	28	68096
21/12/2020	65	38	29	71630	65	38	29	71630	65	38	29	71630	65	38	29	71630	65	38	29	71630	65	38	29	71630
22/12/2020	65	40	31	83080	65	40	31	83080	65	40	31	83080	65	40	31	83080	65	40	31	83080	65	40	31	83080
23/12/2020	67	40	31	83080	67	40	31	83080	67	40	31	83080	67	40	31	83080	67	40	31	83080	67	40	31	83080
24/12/2020	68	41	35	97580	68	41	35	97580	68	41	35	97580	68	41	35	97580	68	41	35	97580	68	41	35	97580
25/12/2020	69	41	35	99015	69	41	35	99015	69	41	35	99015	69	41	35	99015	69	41	35	99015	69	41	35	99015
28/12/2020	71	42	35	104370	71	42	35	104370	71	42	35	104370	71	42	35	104370	71	42	35	104370	71	42	35	104370
30/12/2020	72	42	35	105940	72	42	35	105940	72	42	35	105940	72	42	35	105940	72	42	35	105940	72	42	35	105940
31/12/2020	73	42	35	107310	74	42	35	108780	73	42	35	107310	73	42	35	107310	73	42	35	107310	73	42	35	107310
01/01/2021	73	44	36	115632	74	44	36	117216	73	44	36	115632	74	44	36	117216	73	44						

Anexo 10. Volumen y masa lechugas sembradas (Black Seeded Simpson) en tierra a cielo abierto.

Figura 46

Volumen y masa lechugas (Black Seeded Simpson) sembradas en tierra a cielo abierto.

DÍAS	LECHUGA CIELO ABIERTO - TERRENO											
	LECHUGA 1		LECHUGA 2		LECHUGA 3		LECHUGA 4		LECHUGA 5		LECHUGA 6	
	V (mm3)	Masa 1 (gr.)	V (mm3)	Masa 2 (gr.)	V (mm3)	Masa 3 (gr.)	V (mm3)	Masa 4 (gr.)	V (mm3)	Masa 5 (gr.)	V (mm3)	Masa 6 (gr.)
07/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/10/2020	5	0,000325	16	0,00104	10	0,00065	8	0,00052	0	0	8	0,00052
15/10/2020	5	0,000325	20	0,0013	10	0,00065	8	0,00052	4	0,00026	8	0,00052
16/10/2020	5	0,000325	20	0,0013	10	0,00065	8	0,00052	8	0,00052	16	0,00104
19/10/2020	5	0,000325	20	0,0013	10	0,00065	8	0,00052	8	0,00052	8	0,00052
20/10/2020	50	0,00325	50	0,00325	50	0,00325	50	0,00325	50	0,00325	50	0,00325
21/10/2020	60	0,0039	70	0,00455	60	0,0039	60	0,0039	60	0,0039	60	0,0039
22/10/2020	80	0,0052	96	0,00624	80	0,0052	80	0,0052	70	0,00455	70	0,00455
23/10/2020	80	0,0052	80	0,0052	90	0,00585	80	0,0052	70	0,00455	70	0,00455
26/10/2020	162	0,01053	180	0,0117	162	0,01053	150	0,00975	150	0,00975	150	0,00975
27/10/2020	180	0,0117	240	0,0156	180	0,0117	180	0,0117	180	0,0117	336	0,02184
28/10/2020	480	0,0312	420	0,0273	480	0,0312	480	0,0312	480	0,0312	480	0,0312
29/10/2020	480	0,0312	448	0,02912	480	0,0312	480	0,0312	448	0,02912	448	0,02912
30/10/2020	512	0,03328	512	0,03328	576	0,03744	512	0,03328	512	0,03328	512	0,03328
02/11/2020	810	0,05265	810	0,05265	855	0,055575	810	0,05265	810	0,05265	855	0,055575
09/11/2020	810	0,05265	810	0,05265	855	0,055575	810	0,05265	810	0,05265	1026	0,06669
04/11/2020	1320	0,0858	1050	0,06825	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858
05/11/2020	1560	0,1014	1440	0,0936	1560	0,1014	1560	0,1014	1560	0,1014	1560	0,1014
06/11/2020	1980	0,1287	1740	0,1131	1980	0,1287	1980	0,1287	1980	0,1287	1980	0,1287
09/11/2020	2112	0,13728	2046	0,13299	2112	0,13728	2112	0,13728	2112	0,13728	2112	0,13728
10/11/2020	2244	0,14586	2178	0,14157	2244	0,14586	2244	0,14586	2244	0,14586	2244	0,14586
11/11/2020	3185	0,207025	3185	0,207025	3185	0,207025	3024	0,19656	2940	0,1911	2940	0,1911
12/11/2020	3952	0,25688	3458	0,22477	3952	0,25688	3648	0,23712	3360	0,2184	3360	0,2184
13/11/2020	4480	0,2912	4480	0,2912	4800	0,312	4480	0,2912	4480	0,2912	4480	0,2912
16/11/2020	5040	0,3276	5040	0,3276	5040	0,3276	5040	0,3276	5040	0,3276	5040	0,3276
17/11/2020	6480	0,4212	6624	0,43056	6480	0,4212	6480	0,4212	6480	0,4212	6480	0,4212
18/11/2020	6048	0,39312	6912	0,44928	6048	0,39312	6048	0,39312	6048	0,39312	6048	0,39312
19/11/2020	8000	0,52	8160	0,5304	8640	0,5616	8000	0,52	8000	0,52	9724	0,62026
20/11/2020	8480	0,5512	8480	0,5512	8640	0,5616	8480	0,5512	8480	0,5512	8480	0,5512
23/11/2020	10640	0,6916	12768	0,82992	10640	0,6916	10640	0,6916	10640	0,6916	10640	0,6916
24/11/2020	17940	1,1661	16380	1,0647	18337	1,224405	17940	1,1661	17940	1,1661	17940	1,1661
25/11/2020	21700	1,4105	21700	1,4105	22400	1,456	21700	1,4105	21700	1,4105	21700	1,4105
26/11/2020	26000	1,69	26000	1,69	26000	1,69	26000	1,69	25200	1,638	25200	1,638
27/11/2020	28944	1,88136	28944	1,88136	28944	1,88136	28944	1,88136	28080	1,8252	28080	1,8252
30/11/2020	34776	2,26044	34776	2,26044	34776	2,26044	34776	2,26044	34776	2,26044	34776	2,26044
01/12/2020	43200	2,808	43200	2,808	43200	2,808	48174	3,13131	48174	3,13131	48174	3,13131
02/12/2020	58650	3,81225	58650	3,81225	58650	3,81225	58650	3,81225	58650	3,81225	58650	3,81225
03/12/2020	75998	4,93987	75998	4,93987	75998	4,93987	75998	4,93987	75998	4,93987	75998	4,93987
04/12/2020	100440	6,5286	100440	6,5286	100440	6,5286	100440	6,5286	100440	6,5286	100440	6,5286
07/12/2020	122010	7,93065	122010	7,93065	124915	8,119475	122010	7,93065	122010	7,93065	122010	7,93065
08/12/2020	140524	9,13406	140524	9,13406	140524	9,13406	140524	9,13406	140524	9,13406	140524	9,13406
09/12/2020	160200	10,413	160500	10,79325	163760	10,6444	160200	10,413	160200	10,413	160200	10,413
10/12/2020	205065	13,329225	205065	13,329225	205065	13,329225	205065	13,329225	205065	13,329225	205065	13,329225
11/12/2020	242112	15,73728	244608	15,89952	242112	15,73728	242112	15,73728	242112	15,73728	242112	15,73728
14/12/2020	291500	18,9475	291500	18,9475	291500	18,9475	291500	18,9475	291500	18,9475	291500	18,9475
15/12/2020	347130	22,56345	347130	22,56345	347130	22,56345	347130	22,56345	347130	22,56345	347130	22,56345
16/12/2020	405480	26,3562	405480	26,3562	405480	26,3562	405480	26,3562	405480	26,3562	405480	26,3562
17/12/2020	492115	31,987475	492115	31,987475	492115	31,987475	492115	31,987475	492115	31,987475	492115	31,987475
18/12/2020	586460	38,1199	586460	38,1199	586460	38,1199	586460	38,1199	586460	38,1199	586460	38,1199
21/12/2020	675000	43,875	675000	43,875	675000	43,875	675000	43,875	675000	43,875	675000	43,875
22/12/2020	773884	50,30246	773884	50,30246	773884	50,30246	773884	50,30246	773884	50,30246	773884	50,30246
23/12/2020	917448	59,63412	917448	59,63412	917448	59,63412	917448	59,63412	917448	59,63412	917448	59,63412
24/12/2020	1096732	71,28758	1096732	71,28758	1096732	71,28758	1096732	71,28758	1096732	71,28758	1096732	71,28758
25/12/2020	1273536	82,77984	1273536	82,77984	1273536	82,77984	1273536	82,77984	1273536	82,77984	1273536	82,77984
28/12/2020	1493300	97,0645	1493300	97,0645	1493300	97,0645	1493300	97,0645	1493300	97,0645	1493300	97,0645
29/12/2020	1755360	114,0984	1755360	114,0984	1755360	114,0984	1755360	114,0984	1755360	114,0984	1755360	114,0984
30/12/2020	2005770	130,37505	2005770	130,37505	2005770	130,37505	2005770	130,37505	2005770	130,37505	2005770	130,37505
31/12/2020	2260440	146,9286	2318400	150,696	2318400	150,696	2260440	146,9286	2260440	146,9286	2260440	146,9286
01/01/2021	2517696	163,65024	2517696	163,65024	2517696	163,65024	2517696	163,65024	2517696	163,65024	2517696	163,65024
04/01/2021	2678295	174,089175	2678295	174,089175	2678295	174,089175	2678295	174,089175	2678295	174,089175	2678295	174,089175
05/01/2021	2779110	180,64215	2696766	175,28979	2696766	175,28979	2779110	180,64215	2779110	180,64215	2779110	180,64215
06/01/2021	2923780	190,0457	2964676	192,70394	2964676	192,70394	2923780	190,0457	2923780	190,0457	2923780	190,0457
07/01/2021	3110250	202,16625	3110250	202,16625	3130985	203,514025	3110250	202,16625	2965840	194,0796	3006575	195,427375
08/01/2021	4224640	274,6016	3936000	255,84	3962240	257,5456	4224640	274,6016	3006720	195,4368	3006720	195,4368
11/01/2021	4652900	302,4385	4335000	281,775	4235560	275,31075	4652900	302,4385	2965984	194,08896	3006720	195,4368
12/01/2021	4735332	307,79658	4735332	307,79658	4540800	295,152	4735332	307,79658	2882600	187,369	3006575	195,427375
13/01/2021	4735332	307,79658	4735332	307,79658	4540800	295,152	4735332	307,79658	2779650	180,67725	2965840	194,0796
14/01/2021	4735332	307,79658	4735332	307,79658	4707640	305,9966	4735332	307,79658	2779650	180,67725	2944370	191,38405
15/01/2021	4764744	309,70836	4764744	309,70836	4764744	309,70836	4764744	309,70836	2683800	174,447	2882600	187,369
18/01/2021	4737042	307,90773	4737042	307,90773	4737042	307,90773	4737042	307,90773	2587950	168,21675	2882600	187,369
19/01/2021	4515426	293,50269	4515426	293,50269	4515426	293,50269	4515426	293,50269	2492100	161,9865	2882600	187,369
20/01/2021	4304178	279,77157	4304178	279,77157	4304178	279,77157	4304178	279,77157	2401920	156,1248	2801545	182,100425
21/01/2021	4251040	276,3176	4277600	278,044585	4277600	278,044585	4251040	276,3176	2312960	150,3424	2781390	180,79035
22/01/2021	4251040	276,3176	4277600	278,044585	4277600	278,044585	4146720	269,5368	2188680	142,2642	2722464	176,96016
25/01/2021	3769600	245,024	3793160	246,5554	4018560	261,2064	4146720	269,5368	2152800	139,932	2702592	175,66848
26/01/2021	3769600											

Anexo 11. Volumen y masa lechugas (Black Seeded Simpson) hidropónicas EBB and FLOW.

Figura 47

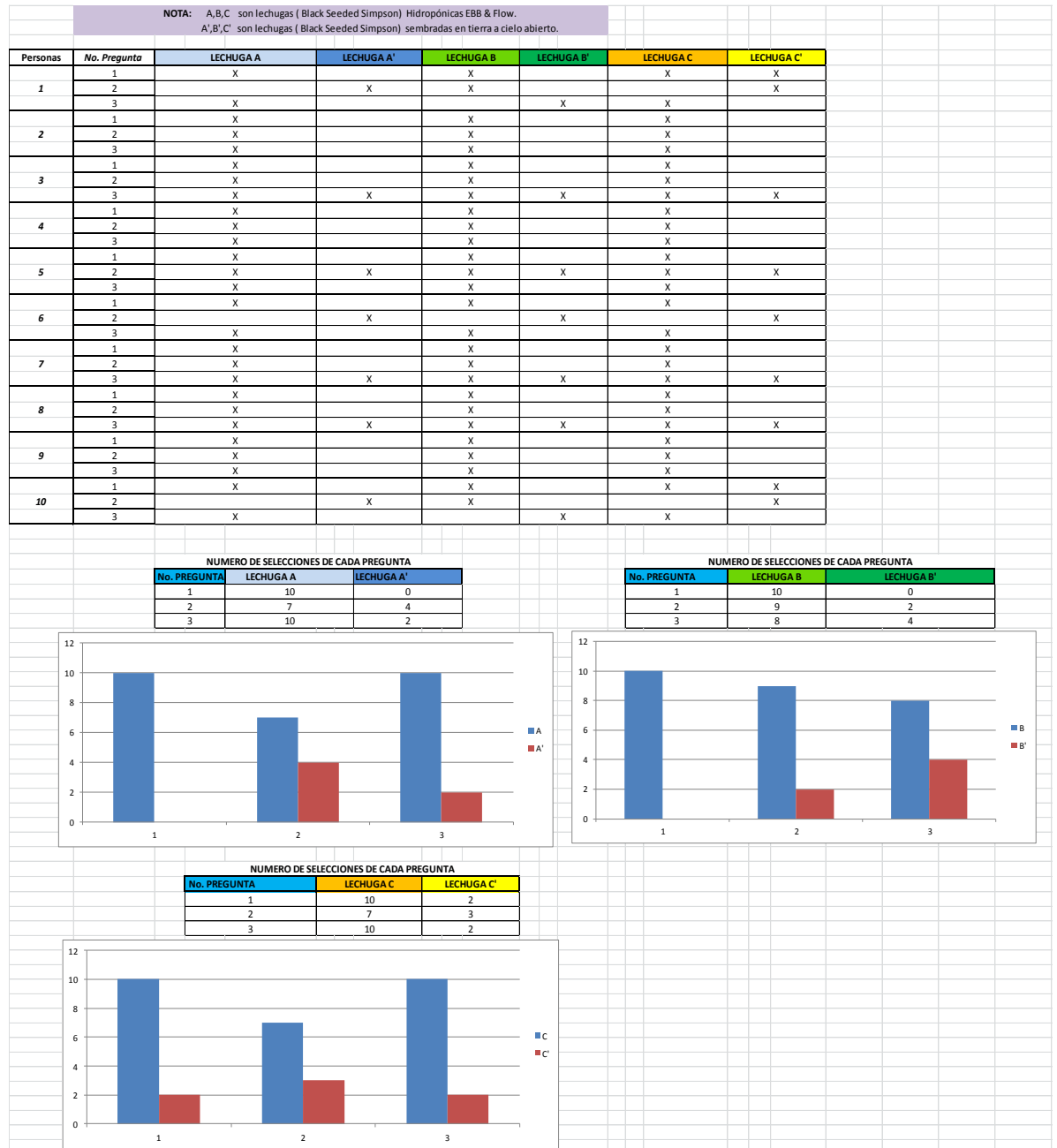
Volumen y masa lechugas (Black Seeded Simpson) hidropónicas EBB & FLOW.

DÍAS	LECHUGA HIDROPÓNICA EBB & FLOW											
	LECHUGA 7		LECHUGA 8		LECHUGA 9		LECHUGA 10		LECHUGA 11		LECHUGA 12	
	V 7(mm3.)	Masa 7 (gr.)	V8 (mm3.)	Masa 8 (gr.)	V9(mm3.)	Masa 9 (gr.)	V10 (mm3.)	Masa 10 (gr.)	V11 (mm3.)	Masa 11 (gr.)	V12 (mm3.)	Masa 12 (gr.)
07/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/10/2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/10/2020	4	0,00026	4	0,00026	4	0,00026	4	0,00026	4	0,00026	12	0,00078
19/10/2020	10	0,00065	10	0,00065	12	0,00078	10	0,00065	10	0,00065	30	0,00195
20/10/2020	14	0,00091	14	0,00091	12	0,00078	14	0,00091	14	0,00091	42	0,00273
21/10/2020	64	0,00416	64	0,00416	72	0,00468	64	0,00416	64	0,00416	64	0,00416
22/10/2020	80	0,0052	80	0,0052	80	0,0052	80	0,0052	80	0,0052	80	0,0052
23/10/2020	80	0,0052	80	0,0052	80	0,0052	80	0,0052	80	0,0052	80	0,0052
26/10/2020	180	0,0117	180	0,0117	198	0,01287	180	0,0117	180	0,0117	180	0,0117
27/10/2020	180	0,0117	180	0,0117	198	0,01287	180	0,0117	180	0,0117	180	0,0117
28/10/2020	560	0,0364	560	0,0364	560	0,0364	560	0,0364	560	0,0364	560	0,0364
29/10/2020	560	0,0364	560	0,0364	560	0,0364	560	0,0364	560	0,0364	560	0,0364
30/10/2020	640	0,0416	640	0,0416	640	0,0416	640	0,0416	640	0,0416	640	0,0416
02/11/2020	720	0,0468	720	0,0468	720	0,0468	720	0,0468	720	0,0468	720	0,0468
03/11/2020	720	0,0468	720	0,0468	720	0,0468	720	0,0468	720	0,0468	720	0,0468
04/11/2020	1140	0,0741	1140	0,0741	1140	0,0741	1140	0,0741	1140	0,0741	1140	0,0741
05/11/2020	1140	0,0741	1140	0,0741	1140	0,0741	1140	0,0741	1140	0,0741	1140	0,0741
06/11/2020	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858
09/11/2020	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858	1320	0,0858
10/11/2020	1452	0,09438	1386	0,09009	1452	0,09438	1452	0,09438	1452	0,09438	1452	0,09438
11/11/2020	2275	0,147875	2184	0,14196	2275	0,147875	2275	0,147875	2275	0,147875	2275	0,147875
12/11/2020	2808	0,18252	2808	0,18252	2808	0,18252	2808	0,18252	2808	0,18252	2808	0,18252
13/11/2020	3248	0,21112	3248	0,21112	3248	0,21112	3248	0,21112	3248	0,21112	3248	0,21112
16/11/2020	3600	0,234	3600	0,234	3600	0,234	3600	0,234	3600	0,234	3600	0,234
17/11/2020	4896	0,31824	4896	0,31824	4896	0,31824	4896	0,31824	4896	0,31824	4896	0,31824
18/11/2020	4662	0,30303	4662	0,30303	4662	0,30303	4662	0,30303	4662	0,30303	4662	0,30303
19/11/2020	6400	0,416	6400	0,416	6400	0,416	6400	0,416	6400	0,416	6400	0,416
20/11/2020	7200	0,468	7200	0,468	7200	0,468	7200	0,468	7200	0,468	7200	0,468
23/11/2020	9500	0,6175	9500	0,6175	9500	0,6175	9500	0,6175	9500	0,6175	9500	0,6175
24/11/2020	16146	1,04949	16146	1,04949	16146	1,04949	16146	1,04949	16146	1,04949	16146	1,04949
25/11/2020	18900	1,2285	18900	1,2285	18900	1,2285	18900	1,2285	18900	1,2285	18900	1,2285
26/11/2020	19950	1,29675	19600	1,274	19950	1,29675	19950	1,29675	19950	1,29675	19950	1,29675
27/11/2020	24624	1,60056	24624	1,60056	24624	1,60056	24624	1,60056	24624	1,60056	24624	1,60056
30/11/2020	28728	1,86732	28728	1,86732	28728	1,86732	28728	1,86732	28728	1,86732	28728	1,86732
01/12/2020	34200	2,223	34200	2,223	34200	2,223	34200	2,223	34200	2,223	34200	2,223
02/12/2020	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632
03/12/2020	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632
04/12/2020	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632	47328	3,07632
07/12/2020	51272	3,33268	51272	3,33268	51272	3,33268	51272	3,33268	51272	3,33268	51272	3,33268
08/12/2020	55755	3,624075	55755	3,624075	55755	3,624075	53690	3,48985	55755	3,624075	55755	3,624075
09/12/2020	59292	3,85398	59292	3,85398	59292	3,85398	59292	3,85398	59292	3,85398	59292	3,85398
10/12/2020	60264	3,91716	60264	3,91716	60264	3,91716	60264	3,91716	60264	3,91716	60264	3,91716
11/12/2020	60264	3,91716	60264	3,91716	60264	3,91716	60264	3,91716	60264	3,91716	60264	3,91716
14/12/2020	62496	4,06224	62496	4,06224	62496	4,06224	62496	4,06224	62496	4,06224	62496	4,06224
15/12/2020	67032	4,35708	67032	4,35708	67032	4,35708	67032	4,35708	67032	4,35708	67032	4,35708
16/12/2020	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624
17/12/2020	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624
18/12/2020	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624	68096	4,42624
21/12/2020	71630	4,65595	71630	4,65595	71630	4,65595	71630	4,65595	71630	4,65595	71630	4,65595
22/12/2020	80600	5,239	80600	5,239	80600	5,239	80600	5,239	80600	5,239	80600	5,239
23/12/2020	83080	5,4002	83080	5,4002	83080	5,4002	83080	5,4002	83080	5,4002	83080	5,4002
24/12/2020	97580	6,3427	97580	6,3427	97580	6,3427	97580	6,3427	97580	6,3427	97580	6,3427
25/12/2020	99015	6,435975	99015	6,435975	99015	6,435975	99015	6,435975	99015	6,435975	99015	6,435975
28/12/2020	104370	6,78405	104370	6,78405	104370	6,78405	104370	6,78405	104370	6,78405	104370	6,78405
29/12/2020	104370	6,78405	104370	6,78405	104370	6,78405	104370	6,78405	104370	6,78405	104370	6,78405
30/12/2020	105840	6,8796	105840	6,8796	105840	6,8796	105840	6,8796	105840	6,8796	105840	6,8796
31/12/2020	107310	6,97515	108780	7,0707	107310	6,97515	108780	7,0707	107310	6,97515	107310	6,97515
01/01/2021	115632	7,51608	117216	7,61904	115632	7,51608	117216	7,61904	115632	7,51608	115632	7,51608
04/01/2021	127650	8,29725	127650	8,29725	127650	8,29725	127650	8,29725	127650	8,29725	127650	8,29725
05/01/2021	158000	10,27	158000	10,27	158000	10,27	160000	10,4	158000	10,27	158000	10,27
06/01/2021	233640	15,1866	233640	15,1866	230985	15,014025	233640	15,1866	233640	15,1866	233640	15,1866
07/01/2021	375732	24,42258	375732	24,42258	368064	23,92416	375732	24,42258	375732	24,42258	375732	24,42258
08/01/2021	566100	36,82965	566100	36,82965	561000	36,465	566100	36,82965	566100	36,82965	566100	36,82965
11/01/2021	885500	57,5575	885500	57,5575	877800	57,057	885500	57,5575	885500	57,5575	885500	57,5575
12/01/2021	1448370	94,14405	1448370	94,14405	1448370	94,14405	1448370	94,14405	1448370	94,14405	1448370	94,14405
13/01/2021	2462460	160,0599	2462460	160,0599	2462460	160,0599	2462460	160,0599	2462460	160,0599	2462460	160,0599
14/01/2021	3594240	233,6256	3560000	224,64	3548160	230,6304	3594240	233,6256	3594240	233,6256	3560000	224,64
15/01/2021	4348188	282,63222	4236696	275,38524	4292442	275,00873	4348188	282,63222	4348188	282,63222	4180950	271,76175
18/01/2021	4695600	305,214	4575200	297,388	4529448	294,41412	4668768	303,46992	4695600	305,214	4515000	293,475
19/01/2021	4722900	306,9885	4601800	299,117	4555782	296,12583	4695912	305,23428	4722900	306,9885	4541250	295,18125
20/01/2021	4692625	305,020625	4601800	299,117	4555782	296,12583	4665810	303,27765	4722900	306,9885	4541250	295,18125
21/01/2021	4692625	305,020625	4601800	299,117	4555782	296,12583	4665810	303,27765	4722900	306,9885	4541250	295,18125
22/01/2021	4692625	305,020625	4601800	299,117	4529140	294,3941	4638840	301,5246	4722900	306,9885	4541250	295,18125
25/01/2021	4665810	303,27765	4575504	297,40776	4529140	294,3941	4638840	301,5246	4695912	305,23428	4515000	293,4945
26/01/2021	4608912	299,57928	4519128	293,74332	4444480	288,8912	4582424	297,85756	4668768	303,46992	4489200	291,798
27/01/2021	4608912	299,57928	4519128	293,74332	4444480	288,8912	4582424	297,85756	4668768	303,46992	4489200	291,798
28/01/2021	4608912	299,57928	4519128	293,74332	4444480	288,8912	4582424					

Anexo 12. Datos y gráficas de la encuesta degustativa.

Figura 48

Datos y resultados de la encuesta degustativa.

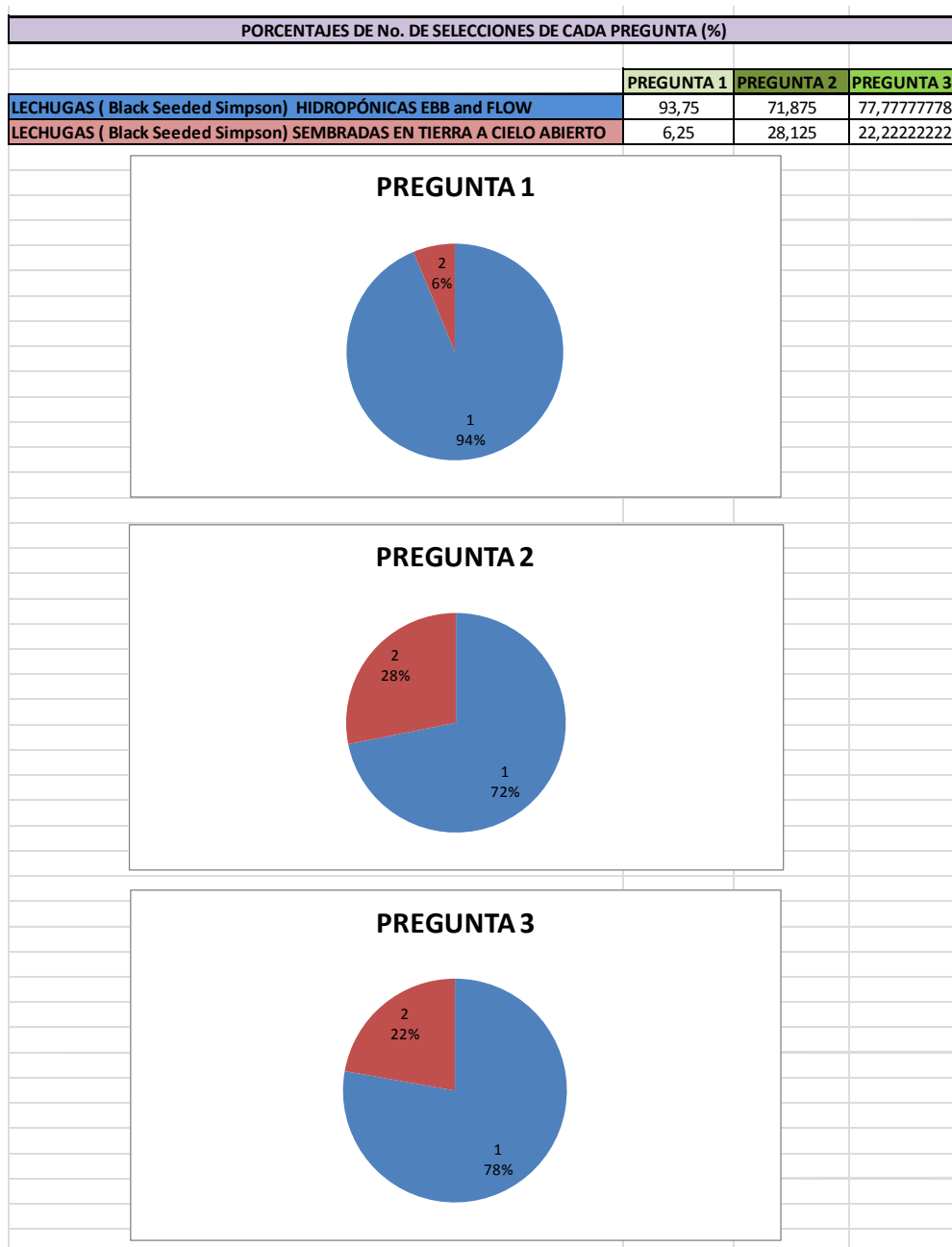


Fuente: Autor.

Anexo 13. Porcentajes y gráficas de número de selecciones para cada pregunta en la encuesta degustativa.

Figura 49

Porcentajes y gráficas de número de selecciones para cada pregunta en la encuesta degustativa.

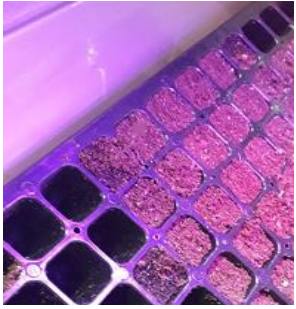



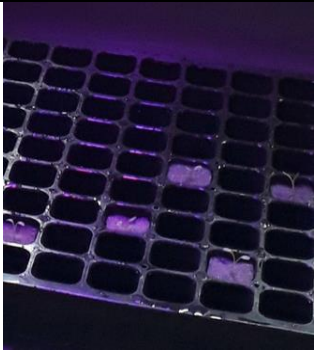



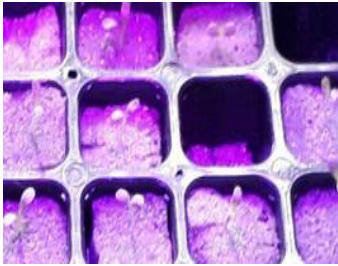







Fuente: Autor.

Anexo 14. Tabla comparativa de crecimiento: lechugas hidropónicas EBB and FLOW y lechugas sembradas en tierra fértil a cielo abierto.

Tabla 19.

Tabla comparativa de crecimiento: lechugas hidropónicas EBB and FLOW y lechugas sembradas en tierra fértil a cielo abierto.

LECHUGAS HIDROPÓNICAS EBB & FOW	FECHA Y DIMENSIONES	LECHUGAS SEMBRADAS EN TIERRA FÉRTIL A CIELO ABIERTO	FECHA Y DIMENSIONES
	07/10/2020 Ninguna		07/10/2020 Ninguna
	19/10/2020 5 x 1mm		19/10/2020 5 x 2 mm
	19/10/2020 10 x 5 mm		19/10/2020 10 mm x 6 mm

	<p>26/10/2020 25 x 13 mm</p>		<p>26/10/2020 35 mm x 13 mm</p>
	<p>16/11/2020 30 x 15mm</p>		<p>16/11/2020 42 mm x 15mm</p>
	<p>23/11/2020 50 x 19 mm</p>		<p>23/11/2020 56 x 19mm</p>
	<p>30/11/2020 57x30 mm</p>		<p>30/11/2020 69 x 30mm</p>

	<p>07/12/2020</p> <p>60 x 35mm</p>		<p>07/12/2020</p> <p>83 x 42mm</p>
	<p>14/12/2020</p> <p>62 x 45cm</p>		<p>14/12/2020</p> <p>100 x 85mm</p>
	<p>21/12/2020</p> <p>65 x 45mm</p>		<p>21/12/2020</p> <p>120 x 86mm</p>
	<p>28/12/2020</p> <p>71 x 50mm</p>		<p>28/12/2020</p> <p>137 x 100mm</p>

	<p>04/01/2021 75 x 56mm</p>		<p>04/01/2021 141 x 131mm</p>
	<p>11/01/2021 115 x 100mm</p>		<p>11/01/2021 144 x 144mm</p>
	<p>18/01/2021 156 x 175mm</p>		<p>18/01/2021 135 x 135mm</p>
	<p>22/01/2021 175 x 173mm</p>		<p>22/01/2021 122 x 130mm</p>

Fuente: Autor.

Anexo 15. Encuestas de degustación.

Figura 50

Modelo encuesta de degustación.

Encuesta al Sujeto de prueba N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sexo	Masculino <input type="checkbox"/>					Femenino <input type="checkbox"/>				
Prueba N°						1				
1. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga visualmente le parece más atractiva?	Muestra Lechuga A <input checked="" type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input type="checkbox"/>				
2. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga le parece que tiene una mejor textura crocante?	Muestra Lechuga A <input type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input checked="" type="checkbox"/>				
3. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga le parece que tiene mejor sabor?	Muestra Lechuga A <input checked="" type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input type="checkbox"/>				
Prueba N°						2				
1. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga visualmente le parece más atractiva?	Muestra Lechuga A <input type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input type="checkbox"/>				
2. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga le parece que tiene una mejor textura crocante?	Muestra Lechuga A <input type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input type="checkbox"/>				
3. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga le parece que tiene mejor sabor?	Muestra Lechuga A <input type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input type="checkbox"/>				
Prueba N°						3				
1. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga visualmente le parece más atractiva?	Muestra Lechuga A <input type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input type="checkbox"/>				
2. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga le parece que tiene una mejor textura crocante?	Muestra Lechuga A <input type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input type="checkbox"/>				
3. ¿Cuál de los dos tipos de lechuga le parece que tiene mejor sabor?	Muestra Lechuga A <input type="checkbox"/>					Muestra Lechuga B <input type="checkbox"/>				

Fuente: Autor.

Anexo 16. Fotos personas encuestadas en la degustación.

Figura 51

Fotos personas encuestadas en la degustación.



Fuente: Autor.

Anexo 17. Avances y desarrollo del proyecto.

Figura 52

Fotos desarrollo del proyecto.

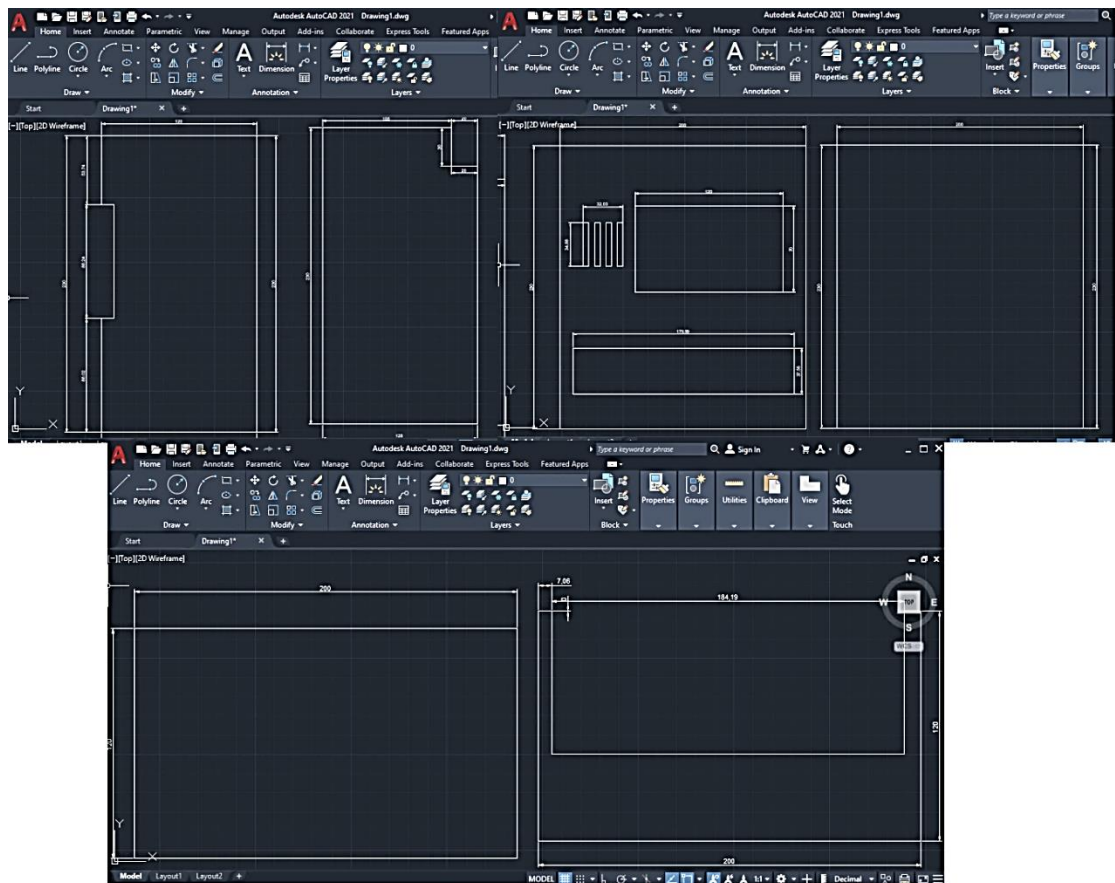


Fuente: Autor.

Anexo 18. Diseño carcasa protectora del dispositivo prototipo Autocad 2010.

Figura 53

Medidas de la carcasa protectora del dispositivo prototipo Autocad 2010.



Fuente: Autor.

Anexo 19. Presupuesto.

Figura 54

Presupuesto financiero total.

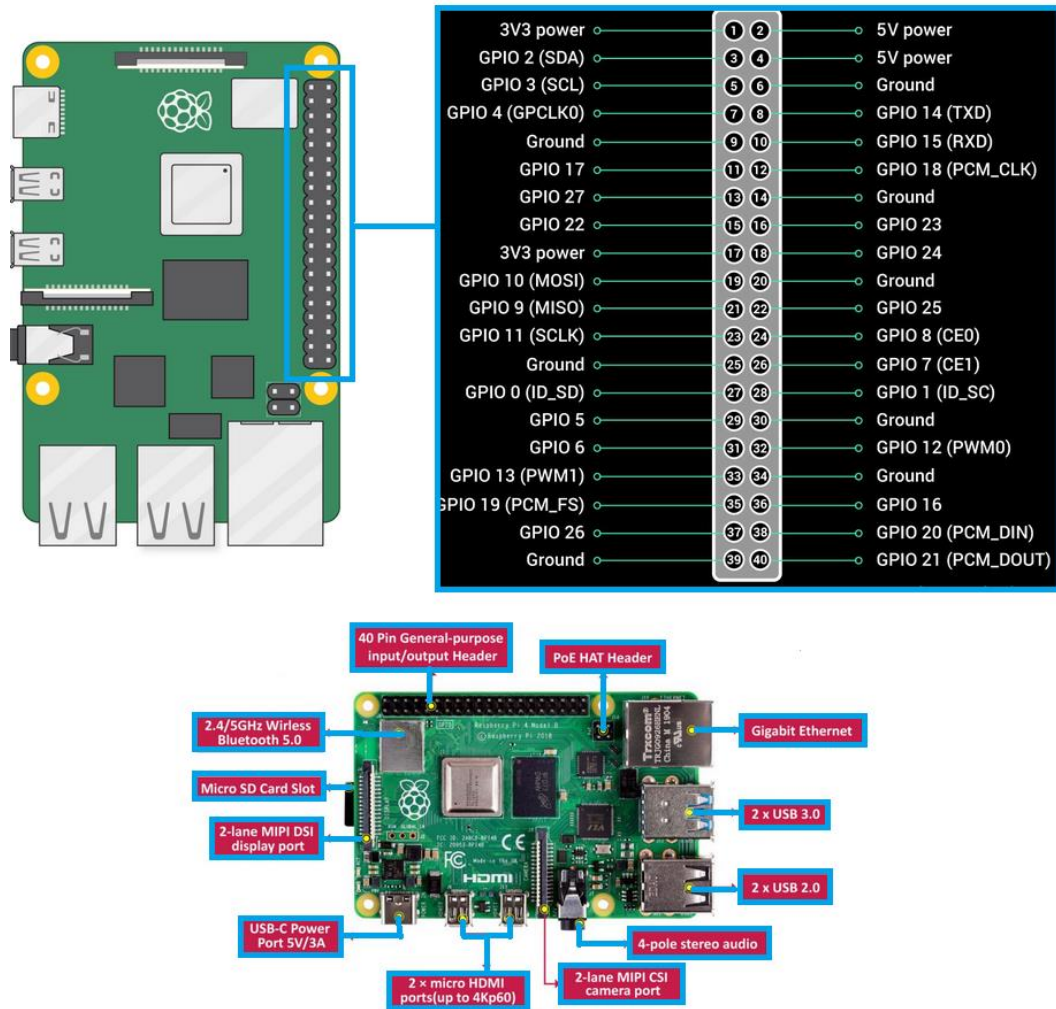
PRESUPUESTO DEL PROYECTO SISTEMA HIDROPÓNICO EBB & FLOW AUTOMATIZADO				
	DESCRIPCIÓN ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD.)	PRECIOS (USD.)
1	Raspberry PI 4 B	1	90	90
2	Kit Accesorios Raspberry PI 4 B	1	50	50
3	Carcasa protectora del Prototipo	1	40	40
4	Arduino Uno ATmega 328P	1	12	12
5	Módulo Reloj en Tiempo Real (RTC DS3231).	1	5	5
6	Pantalla TFT 3.5"	1	40	40
7	Sensor ML8511	1	12	12
8	Sensor DHT11	1	5	5
9	MODULO RELAY 5V x 8	1	12	12
10	Sensor Ph	1	40	40
11	Válvula Solenoide	1	15	15
12	Ventilador Extractor de Aire ECO 8"	2	35	70
13	Bomba de Agua Sumergible SOBO WP-5000	1	1	40
14	Kaguyahime LED Luz de Cultivo de Plantas de Espectro Completo	1	10	10
15	Lámpara LED tipo tubo	2	5	10
16	Calefactor Handy Heater	1	35	35
17	Bandeja de Inundación Hidropónica y Soporte Base	2	200	400
18	Bandeja de semillero	1	10	10
19	Cananstillas	10	1	1
20	Depósito de agua 50 litros	1	30	30
21	Cable sóido AWG # 14 (rollo)	1	25	25
22	Cable flexible AWG # 14 (20 metros)	1	10	10
23	Sustrato Berger BM2 (2 Kg.)	1	5	5
24	Solución Nutriva	1	5	5
25	Otros	1	50	50
			TOTAL	1022

Fuente: Autor.

Anexo 20. Datasheet Raspberry Pi 4 b

Figura 55

Datasheet Rasberry Pi 4 b



Fuente: Autor.

Anexo 21. Video del funcionamiento del sistema hidropónico EBB and FLOW automatizado.