

Calibración de sensor de humedad aplicado a sustrato de fibra de coco comercial comandado por programación en *ARDUINO*

Calibration of humidity sensor applied to substrate of coir trade led by *ARDUINO* programming

Eval Sanchez^{1*}, Paola Ruiloba¹, Luis Morales¹, Erick Sanchez¹

¹Licenciatura en Informática – Facultad de Informática - Universidad Tecnológica Oteima (sede Chiriquí)

Resumen Se desarrolló un experimento para calibrar un sensor de humedad, gestionado por código fuente en ARDUINO, con el propósito de identificar condiciones mínimas y máximas de humedad en el sustrato de coco comercial, procesar la información y mediante lógica abrir o cerrar una válvula solenoide que controla el paso del agua en un sistema de irrigación. Los procesamientos de los valores obtenidos con el sensor se relacionaron con el estado de humedad del sustrato, desde saturación hasta condición en seco, siendo estos valores porcentuales indicativos del nivel de humedad de la muestra. Se establecieron 10 niveles de humedad conocida y dos tratamientos: sin homogeneizar(T1) y homogeneizando del sustrato(T2). Mediante estadística básica se observa que hay menor dispersión de los datos si el sustrato está homogeneizado, lo cual es indicativo de la importancia de la ubicación del sensor en el sustrato en condiciones de campo.

Palabras Clave Sustrato de coco, humedad, arduino, riego.

Abstract An experiment was developed to calibrate a humidity sensor, managed by source in ARDUINO, in order to identify conditions minimum and maximum humidity in the substrate of commercial coconut, to process the information and by logic open or close a solenoid valve that controls the flow of water in an irrigation system. The values obtained with sensor processing related to a State of humidity of the substrate, from saturation to condition dry, being these percentage values indicative of the moisture level of the sample. 10 levels of known humidity and two treatments were established: without homogenizing of the substrate (T2) and homogenize (T1). Using basic statistics is observed that there is less dispersion of the data if the substrate is homogenized, which is indicative of the importance of the location of the sensor in the substrate under field conditions.

Key words Substrate of coconut, humidity, arduino, irrigation.

* Corresponding author: eval.sanches@gmail.com

1. Introducción

1.1 Alimentos sanos y las huertas de traspatio

Los huertos y granjas familiares son sistemas de producción de alimentos para el autoconsumo que contribuyen a mejorar la seguridad alimentaria y la economía de los pequeños agricultores y poblaciones en situación de riesgo, siendo su implementación muy válida para mejorar la dieta familiar. Según su dimensión y nivel de productividad pueden llegar a proporcionar una variedad de alimentos de origen vegetal y animal durante el año. Los productos del huerto y la granja permiten a la familia consumir su propia producción, lo cual significa un ahorro con relación a su adquisición en el mercado [1].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS):

- La ingesta insuficiente de frutas y verduras es uno de los 10 factores principales de riesgo de mortalidad a escala mundial.
- Se calcula que la ingesta insuficiente de frutas y verduras causa en todo el mundo aproximadamente un 19% de los cánceres gastrointestinales, un 31% de las cardiopatías isquémicas y un 11% de los accidentes vasculares cerebrales [2].

Tabla 1. Resultados de la encuesta realizada en el distrito de san félix, provincia de chiriquí, sobre el consumo de alimentos sanos, a 100 pobladores entre 35 a 90 años

Preguntas	Respuestas (%)	
	Sí	No
1. Actualmente, ¿Tiene cultivos agrícolas?	20	80
2. Cuando usted era niño (a) ¿Cultivaban sus alimentos?	90	10
3. ¿Tiene en su casa espacio para sembrar ?	55	45
4. ¿Cultivar sus propios alimentos , resulta más saludable que comprarlos ?	100	0
5. ¿Tiene algún conocimiento de cómo cultivar?	40	60
6. ¿El internet le puede ofrecer información para que usted cultive sus propios alimentos?	95	5
7. Si se le capacita en como cultivar sus propios alimentos, ¿ usted lo haría?	55	45
8. ¿Cuál es la mayor limitante para que usted cultive sus alimentos?	80 Riego	20 Plagas

El bienestar nutricional requiere alimentos variados, nutritivos y sanos para satisfacer las necesidades alimentarias de todos los miembros de la familia durante el año. Obtener mejores provisiones de alimentos y bienestar nutricional es mucho más que producir alimentos suficientes. Se requieren también recursos tales como: tierra, agua, semillas, mano de obra, herramientas, capacitación y conocimientos sobre técnicas apropiadas de producción, procesamiento y almacenamiento de los alimentos producidos [3].

Mediante una encuesta realizada en el corregimiento de San Félix, provincia de Chiriquí, por jóvenes de la localidad [4], orientada a conocer las limitaciones para la ingesta de alimentos sanos, se determinó que una de las mayores limitaciones para el cultivo de huertos caseros era la disposición para realizar el riego de los cultivos. Se sabe que para alcanzar niveles de producción deseables se deben asegurar un conjunto de insumos básicos dentro de los cuales se requiere el agua como diluyente e hidratante, cuyo déficit en el suelo es el factor principal que impide que los cultivos alcancen su potencial de productividad [5].

La encuesta refleja que una gran porción de la población consume productos comprados del comercio, una pequeña cantidad los cultiva para autoconsumo y unos pocos cultivan para la venta. Los comensales mencionan que si los productos

incrementan su costo, estos no tienen otra oferta para su adquisición.

1.2 Alternativas tecnológicas para el riego de huerta automatizada

Siendo el riego la mayor limitante para el cultivo de productos agrícolas por la poca disposición de tiempo para su ejecución regular, lograr la automatización del mismo parece ser la clave para promover la agricultura de traspatio en esta localidad.

Existen soluciones tecnológicas que facilitan el riego de los cultivos, como son los relojes temporizadores o *timers*, estos son dispositivos los cuales controlan el riego configurándoles un intervalo de tiempo predeterminado, pero esto no siempre es la mejor opción, ya que estos dispositivos no consideran algunas variables como la humedad del suelo, el sustrato, la velocidad del viento y la radiación solar del entorno, entre otros, que afectan la evaporación y la evapotranspiración [6].

Con el propósito de considerar los efectos aditivos a nivel del sustrato donde se desarrolla el sistema radical de la planta, se desea evaluar la alternativa de usar un sensor de humedad, que trabaje en ambiente Arduino, el cual es una plataforma electrónica de código abierto (open-source) basada en *hardware* y *software* flexibles y fáciles de usar. Arduino puede reconocer el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su entorno mediante el control de dispositivos [7].

2. Marco teórico

2.1 Sistema de riego por goteo

El riego por goteo está despertando cada día mayor interés, debido a las múltiples ventajas que ofrece desde el punto de vista de la economía del agua, como por el efecto benéfico en el desarrollo de los cultivos y en los niveles de producción. Entre las principales atribuciones de este método se pueden destacar:

- a) Humedecimiento parcial del suelo, lo que se vuelve en un importante ahorro del agua.
- b) Amplia y exacta distribución uniforme del agua.
- c) Se puede emplear la fertilización localizada, junto al riego.
- d) Flexibilidad en los horarios de riego, normalmente los tiempos de aplicación son bajos.
- e) Los volúmenes de descarga son bajos lo que se traduce en una economía del bombeo [8].
- f) Otros autores [9] mencionan sus inconvenientes:
- g) Alto costo de instalación.
- h) Alto costo de mantenimiento.
- i) Dificultad de dar lavados en profundidad.
- j) Posibilidad de salinización del suelo.
- k) Mayor preparación técnica del agricultor.
- l) Necesidad de fertilizantes totalmente solubles en agua.

m) Necesidad de alto grado de filtración.

Sin embargo, el gran ahorro de agua que produce, permitiendo regar zonas áridas o semiáridas con escasez de agua o con agua de baja calidad, junto con la posibilidad de fertirrigar, aumentando la calidad y cantidad de las cosechas, hace que el riego localizado por goteo sea cada vez más utilizado.

Ambos autores coinciden en el ahorro de agua y de otros recursos que aumentan significativamente el ahorro en agroinsumos, aunado a la alta productividad permiten productos a menor costo y más accesibles.

Los componentes principales de una instalación de riego por goteo son los siguientes [10]:

- ✓ Embalse de regulación o el tanque de almacenamiento.
- ✓ Cabezal de riego.
- ✓ Red de riego o de distribución.
- ✓ Goteros.
- ✓ Elementos de control.

Siendo el elemento de control el que regula el paso de líquidos y sus diluciones, siendo las electroválvulas las de uso generalizado: cuando una válvula hidráulica se comanda mediante un sistema eléctrico, se convierte en una electroválvula. Esto permite simplificar mucho la automatización de la red de riego, automatizando la apertura y cierre de las válvulas de la instalación mediante impulsos eléctricos generados por un programador de riego.

El uso de las electroválvulas facilita la automatización del riego, mejora la aplicación del agua y agroinsumos, independizando este proceso de la ejecución por parte del hombre. Sin embargo, debe tener un sistema de control que permita ejecución del riego con premeditación.

2.2 Sustratos de cultivo

La producción exitosa de plantas de alta calidad en macetas, recipientes o contenedores requiere de una comprensión del ambiente único encontrado en la maceta y como éste es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados, resultando los procesos exacerbados por el limitado volumen disponible en comparación al suelo en su estado natural [11].

Según el autor, una planta que crece en el campo comparada con otra que crece en una maceta se expone generalmente a un ambiente más estresante y de cambios constantes, esta dinámica se ejemplifica a continuación:

- ✓ Una planta en plena actividad de crecimiento puede extraer toda el agua disponible en un recipiente común en uno o dos días.
- ✓ Después de un riego, el sustrato se satura desde el fondo del recipiente, y las raíces de esa zona permanecen sin aire.
- ✓ No es sino hasta que la planta utiliza suficiente agua, que se crean espacios a ocuparse por aire.

- ✓ Al secarse el sustrato, la concentración de sales en la solución de suelo puede aumentar a niveles altos.
- ✓ Nutrientes, tales como el nitrógeno y potasio se pierden por absorción de la misma planta y otra parte por lixiviación, pudiendo llegar a ser rápidamente abatidos si no son abastecidos periódicamente.
- ✓ Las temperaturas de un sustrato en una maceta, particularmente aquellas de colores oscuros, pueden fluctuar a veces hasta en 30 °C entre el día y la noche.

Con lo antes expuesto se visualiza algunos cambios a los cuales son expuestas las raíces de las plantas sea en sustratos o en el medio natural o suelo. Es aquí donde toma importancia el amortiguar estas fluctuaciones con sistemas automatizados que de manera premeditada mantengan las condiciones de crecimiento y se minimicen las inconveniencias para el mismo.

2.3 ARDUINO

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en *hardware* y *software* fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas y convertirlo en una salida. Puede decirle a su tablero qué hacer, enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo utiliza el lenguaje de programación Arduino y el *software* Arduino, basado en el procesamiento [12].

El Arduino al ser una plataforma de prototipos electrónica de código abierto con costos accesibles, nos permite crear un prototipo de sistema que trabaja sobre una válvula para los sistemas de riego compatibles.

La plataforma *online* de Arduino contiene una sección de foro del cual muchos aspirantes, y profesionales programadores comparten sus ideas para creaciones de códigos generales o específicos.

Las piezas de Arduino también son relativamente simples de conseguir en línea, inclusive permite la compra de kits con las especificaciones necesarias para cada uno de los experimentos que se tenga planeado trabajar.

La mayor ventaja que provee trabajar con Arduino es que a la hora de armar el sistema, uno puede buscar el esquema del proyecto en el foro o crearlo utilizando el programa de *Fritzing*. Esta es una iniciativa de *hardware* de código abierto que hace que los productos electrónicos sean accesibles como material creativo para cualquier persona. Ofrece una herramienta de *software*, un sitio *web* comunitario y servicios en el espíritu de *Processing* y Arduino, fomentando un ecosistema creativo que permite a los usuarios documentar sus prototipos, compartirlos con otros, enseñar productos electrónicos en un aula y diseñar y fabricar pcbs profesionales [13].

El programa *Fritzing* le ofrece al usuario crear un modelo virtual experimental con el cual hará las conexiones de todo el *hardware* del sistema sin correr el riesgo de dañar las piezas y

al mismo tiempo probar su funcionalidad con el código a compilar.

3. Materiales y método

3.1 Módulo de ARDUINO

Para el ensamble del Módulo Arduino se emplearon:

- ✓ Modulo reloj de tiempo real (RTC DS1307)
- ✓ Modulo sensor humedad en suelo
- ✓ Válvula solenoide de agua 12VDC, 1/2 pulg
- ✓ Módulo relay 2CH con optoacoplador
- ✓ *Jumpers* Hembra-Hembra 20cm
- ✓ *Jumpers* Macho-Macho 20cm
- ✓ *Kit* 4 gorras para botones
- ✓ Resistencia 100K Ohm 1/4W -5%
- ✓ Resistencia 1k Ohm -5%
- ✓ Interface serial I2C para pantalla LCD

De estos los componentes necesarios para obtener los datos fueron el sensor de humedad del suelo, unidad de almacenamiento de los datos, pantalla LCD y los cables de conexión. Los datos que brinda el sensor son en tiempo real, de manera que muestra los datos en la pantalla LCD de manera inmediata.

Para fabricar el sistema donde se conecta el sensor de humedad del suelo se utiliza el siguiente *hardware*:

- ✓ Sensor de humedad del suelo YL-69
- ✓ Placa Arduino UNO R3 Elego
- ✓ Cables de red
- ✓ Placas protoboard
- ✓ Pantalla LCD 1602 con módulo I2C
- ✓ Fuente de poder de 5v

El sensor obtiene datos y los almacena en la placa Arduino, se requiere también de un diagrama eléctrico para realizar las conexiones, el *software* necesario para instalar el programa en la placa arduino y diseñar el diagrama eléctrico son:

- ✓ Programa Arduino 1.8.5
- ✓ *Driver* USB de reconocimiento de la placa Arduino
- ✓ *Fritzing* 0.9.3

El sustrato donde trabajará el sensor es un sustrato de fibra de coco certificado, este ya dispone de especificaciones de uso:

- ✓ Saco de cultivo de fibra de coco DUTCH PLANTIN [13]

Como anexo a la unidad de componentes, se decidió agregar un módulo de reloj que muestra la hora. El módulo que guarda la fecha y la hora es: Módulo RTC I2C DS1307.

El sensor de humedad del suelo está conectado a una *protoboard*, donde están las conexiones de suministro eléctrico y la pantalla LCD. En la *protoboard* se conectan los cables de datos que se conectan a la placa Arduino.

Para obtener datos de la humedad del suelo, el sensor se entierra en el sustrato, e interpreta la información mediante señales eléctricas, el sensor interpreta esta señal de forma instantánea, luego envía los datos a la placa Arduino que es en

donde está instalado el programa, y finalmente la placa muestra los datos de humedad del suelo en la pantalla LCD.

Para la preparación del sustrato, el pesaje y humedecimiento se empleó:

- ✓ Vasos plásticos transparentes de polipropileno #107de 280cc/9,5oz Marca: Arcoíris 2008 C.A.
- ✓ Sustrato de fibra de coco estandarizado en Saco De Cultivo De Doble Capa, Marca: Dutch Plantin:
- ✓ Balanza electrónica de 5kg de capacidad, 1g de apreciación±0.5, 1,5V de potencia, Marca, PRONTO.
- ✓ Agua potable para consumo humano Marca: AQUAVIVA BOTTLING COMPANY. INC.

3.2 Metodología

3.2.1 Experimento de sustrato no homogeneizado(T1)

- ✓ Elaboración y caracterización de las muestras para calibrar: Para calibrar el sensor de humedad del suelo, se diseñó un primer experimento empírico donde fue evaluado la relación agua: sustrato en la cual este llegaría a saturación, bajo las siguientes consideraciones:
 - ✓ Relación de sustrato seco (RSS): relación en la cual no se ha adicionado líquido alguno a 20gr de sustrato tal cual viene en el saco, relación: 0:1, 0gr de agua en 20 gr de sustrato.
 - ✓ Relación de saturación del sustrato(RSSat): entendiéndose como saturación la relación en la cual 20 gr de sustrato seco, una vez humedecido este no incrementaría más de tamaño y todo su espacio poroso estarían llenos de agua, se evidencia por la lámina de agua que se observa en su parte superior, esta RSSat se alcanzó al añadir 100gr de agua a 20gr de sustrato seco, 5:1, para un peso final de 120g totales(figura#1).
 - ✓ Muestras para evaluación de humedad: las muestras fueron elaboradas colocando en vasos plásticos transparentes 20gr de sustrato de coco, humedeciéndolo a razón de un incremento de 20 gr de agua a la primera muestra de sustrato seco, relación 1:1. 40 gr de peso de muestra, las restantes 8 muestras se les realizó un incremento de 10gr de agua a cada una, hasta totalizar 120gr, relación 5:1. (ver figura1).

Tabla 2. Peso, relación agua: sustrato y estimación de humedad de las muestras de sustrato de coco para calibración de sensor comandado por programación en Arduino

Peso de la muestra (gr)	Relación agua: sustrato			Valores estimados $Y=(Xx100)/120$ (%)
	Agua (gr)	Sustrato (gr)	Relación	
20 Seco	0	20	0:1	16,6
40	20	20	1:1	33,3
50	30	20	1,5:1	41,6
60	40	20	2:1	50

70	50	20	2,5:1	66,7
80	60	20	3:1	58,3
90	70	20	3,5:1	75
100	80	20	4:1	83,3
110	90	20	4,5:1	91,6
120	100	20	5:1	100
Saturado				

Se estimó mediante ecuación lineal los posibles porcentajes de humedad presentes en la muestra considerando la de 120g la de 100% de saturación, todos los poros ocupados por agua.

Calibración de sensor con muestras no homogenizadas: Una vez elaboradas y caracterizadas las muestras de sustrato se procedió a la evaluación de las muestras en cinco puntos: en cada borde del vaso en cruz y en el centro, introduciendo el sensor verticalmente, las lecturas fueron recogidas de la pantalla una vez estabilizada la lectura.

Al evaluar los datos obtenidos en el T1 se observó una alta dispersión de estos, lo cual fue relacionado con la poca homogeneidad del humedecimiento, presentándose áreas más humedad que otras y unas totalmente secas.

3.2.1.1 Experimento de sustrato homogeneizado(T2)

Al detectarse la poca homogeneidad de la muestra y lo disperso de los datos se procedió al desarrollo de un segundo tratamiento donde se homogeneizó la muestra mediante:

1. El desalojo del sustrato del vaso.
2. Mezclado del sustrato mediante cinco (05) movimientos envolventes para su homogeneización.
3. La muestra de sustrato homogeneizada fue retornada al vaso.
4. Todas compactadas con cinco movimientos verticales para su estandarización.

Todo el procedimiento fue ejecutado por la misma persona para disminuir la variabilidad en el manejo, procedió a la medición de humedad tal cual el procedimiento descrito en el T1.



Figura 1. Muestras de sustrato de fibra de coco con diferentes niveles de saturación de agua.

4. Resultados y Discusión

4.1 Ensamblado y programación del sistema ARDUINO.

A continuación se presenta el diagrama basado en el modelo virtual creado en *Fritzing*, el sistema va conectado de la siguiente manera (figura 2).

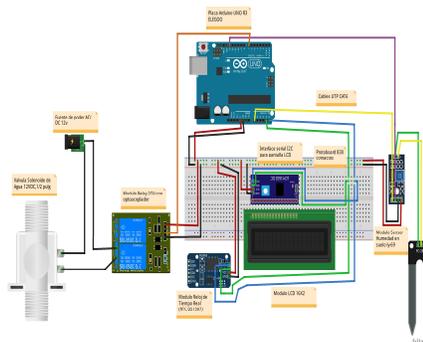


Figura 2. Imagen en *Fritzing*, del modelo virtual del sistema de control para riego, con sensor de humedad comandado por ARDUINO.

La construcción del sistema de riego varía dependiendo del área de trabajo, en este caso, el sistema óptimo para este experimento fue la siguiente figura 3y 4.

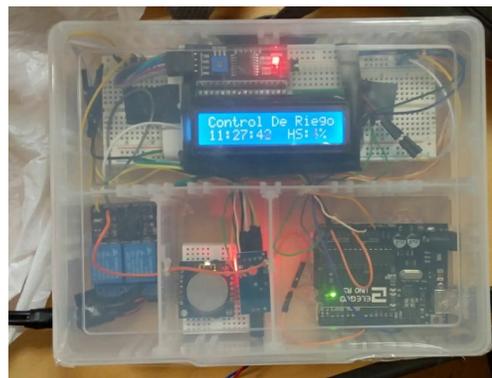


Figura 3. Vista física de sistema de control de riego comandado por ARDUINO en un recipiente plástico para su resguardo, nótese pantalla de información con hora y % de humedad.

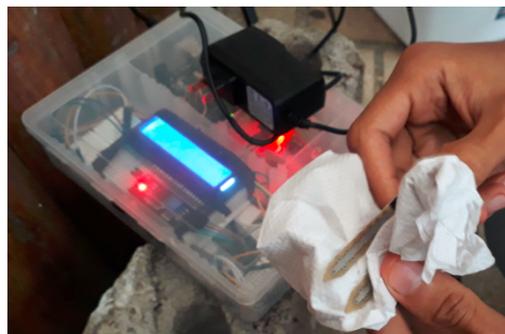


Figura 4. Sensor de humedad durante el proceso de calibración.

Código fuente para gestionar el sensor de humedad en el sistema ARDUINO:

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define I2C_ADDR 0x3F

LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR,2, 1, 0, 4, 5, 6, 7);
RTC_DS1307 RTC;
int porcentaje;
int oldmos=-1;
void setup() {
    Wire.begin();
    RTC.begin();
    lcd.begin(16,2);
    lcd.clear();
    RTC.adjust(DateTime(__DATE__,__TIME__));
    Serial.begin(9600);
    pinMode(8,OUTPUT);
    pinMode(9,OUTPUT);
    pinMode(13,OUTPUT);
    pinMode(7,OUTPUT); //pin donde esta conectado el relay
    lcd.begin(16,2); // Inicializar el display con 16 caracteres
    2 líneas
    lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
    lcd.setBacklight(HIGH);
}

void loop() {
```

```
    DateTime now = RTC.now();
    porcentaje=1023-analogRead(0);//Lee el valor de humedad
    del suelo del pin A0, aqui se encuentra conectada la entrada de
    datos del sensor.
    porcentaje=map(porcentaje, 0, 1023, 0, 100); //convierte el
    valor de humedad en formato de porcentaje y asi se puede
    vizualizar en la pantalla LCD.
    if (oldmos!=porcentaje){
```

```
        lcd.home();
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Control De Riego");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("    HS:");
        lcd.print(porcentaje);
        lcd.print("%");
```

```
        lcd.setCursor(0,16);
        if(now.hour()<10){
            lcd.print("0");
        }
        lcd.print(now.hour(), DEC);
        lcd.print(' ');
        if(now.minute()<10){
            lcd.print("0");
        }
        lcd.print(now.minute(),DEC);
        lcd.print(':');
        if(now.second()<10){
            lcd.print("0");
        }
        lcd.print(now.second(),DEC);
        }
        //Instruccion que controla la apertura y cierre de la válvula
        selenoide atravez de un relay.
        if (porcentaje <30){
            //si el porcentaje de humedad es menor que 30, entonces la
            válvula se abre.
            digitalWrite(7, LOW);
        }
        else if (porcentaje =70){
            digitalWrite(7, LOW);
        }
        else{
            //Si el porcentaje de humedad esta muy algo(70%) se cierra
            la válvula.
            digitalWrite(7,HIGH);
        }
        delay(1000);
    }
```

A continuación, se presentan los resultados de ambos tratamientos T1(tabla #3 y figura #5) y T2(tabla #4 y figura #6):

Tabla 3. T1- Peso, relación agua: sustrato no homogeneizado y medición de humedad de las muestras para calibración de sensor comandado por programación en ARDUINO

Peso de la muestra (gr)	Relación	Mediciones						s
		1	2	3	4	5	\bar{y}	
20 Seco	0:1	4	4	4	4	4	4	0
40	1:1	43	40	34	28	50	39	7.53
50	1,5:1	52	43	46	34	27	40,4	8.86
60	2:1	61	56	34	42	54	49,4	9.91
70	2,5:1	65	60	59	59	64	61,4	2.57
80	3:1	65	65	55	65	65	63	4
90	3,5:1	80	75	71	74	76	75,2	2.92

100	4:1	75	76	76	76	74	75,4	0.8
110	4,5:1	80	79	76	76	79	78	1.67
120	5:1	82	78	80	80	80	80	1.26
Saturado								3.95

Evaluando los datos obtenidos tabla 3 se observó una alta dispersión de los mismos, lo cual fue relacionado con la poca homogeneidad del humedecimiento, presentándose áreas más humedad que otras y unas totalmente secas.

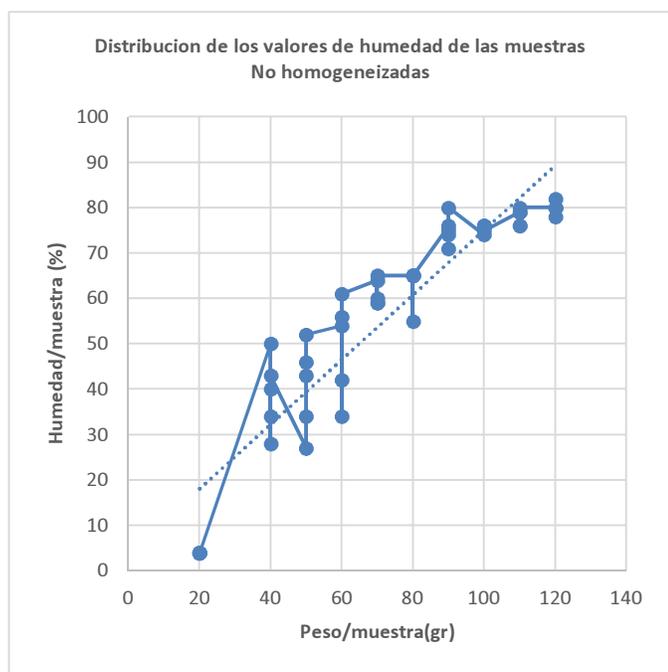


Figura 5. Distribución de las mediciones de humedad con sensor comandado por ARDUINO, en muestra no homogénea(T1).

Se observa cómo se dispersan los datos alrededor la línea de tendencia, lo cual es corroborado por una media de la desviación estándar de 3.96 unidades figura 5.

Tabla 4. T2- Peso, relación agua: sustrato homogeneizado y medición de humedad de las muestras de para calibración de sensor comandado por programación en ARDUINO

Peso de la muestra (gr)	Relación	Mediciones						s
		1	2	3	4	5	\bar{y}	
20 Seco	0:1	4	4	4	4	4	4	0
40	1:1	23	23	24	24	26	24	1.1
50	1,5:1	28	28	28	29	29	28.4	0.49
60	2:1	37	33	37	38	34	35.8	1.93
70	2,5:1	45	45	48	49	43	46	2.19
80	3:1	55	60	51	57	59	56.4	3.2
90	3,5:1	63	66	68	65	66	65.6	1.62

100	4:1	72	70	72	72	71	71.4	0.8
110	4,5:1	79	79	75	75	76	76.2	1.46
120	5:1	81	80	73	80	80	78.8	2.92
Saturado								1.67

Para el tratamiento T2 (tabla #4), los valores de humedad medidos se ajustan mejor a la línea de tendencia (figura #6), lo cual es corroborado por un menor promedio del coeficiente de variación 1.67 unidades.

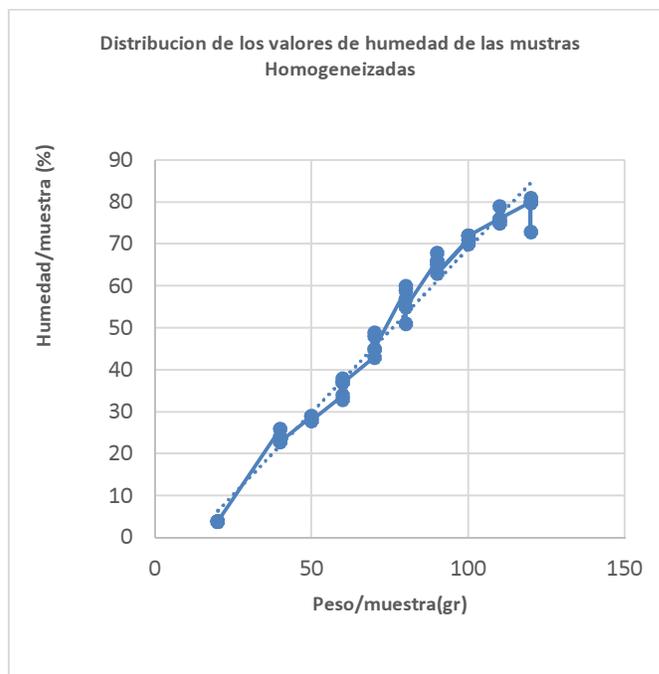


Figura 6. Distribución de las mediciones de humedad con sensor comandado por ARDUINO, en muestra homogeneizada (T2).

Los datos obtenidos en ambos tratamientos reflejan tendencias similares, sin embargo, el T1 con una mayor dispersión de estos que en T2, resultando la media de sus desviaciones de 3.95 y 1.95 unidades, respectivamente. Esto puede ser explicado por la poca uniformidad del humedecimiento del sustrato seco en la muestra inicialmente, lo cual fue mejorado una vez mezclado y uniformizado el nivel de humedad de la muestra, disminuyendo en un 51.6% la dispersión de los datos, es decir, los datos de % de humedad medidos por el sensor son más confiables.

Esto concuerda con otro estudio en Navarra, quien, evaluando un sistema de riego automatizado por ARDUINO en suelo de huerta, plantea que tanto los intervalos de evaluación (tiempo), como la ubicación en el medio de cultivo deben definirse con cuidado para poder recuperar información confiable [15]. Debe tenerse claro que la automatización busca librar al humano de una tarea que debe ser ejecutada con calidad, mediante los sistemas de automatización escogidos, y

la recolección de la información apropiada es fundamental para la toma de decisiones planteadas en un programa.

5. Conclusión y recomendación

Se concluye:

- ✓ El hardware del sistema ARDUINO, fue ensamblado adecuadamente para recibir información del sensor de humedad.
- ✓ El software de lectura de datos provenientes del sensor de humedad del sistema ARDUINO, se programó adecuadamente para procesar la información requerida.
- ✓ La calibración del sensor de humedad es un proceso necesario a objeto de conocer los rangos de trabajo y su relación con la humedad del sustrato a medir.
- ✓ La homogenización de la humedad del sustrato, disminuyó la desviación de los datos, acercando el valor promedio al valor real de humedad existente.
- ✓ El sensor de humedad recoge eficientemente la información.
- ✓ Se recomienda:
- ✓ El sensor de humedad como elemento de recolección de información debe ubicarse en un área representativa del bulbo de humedad a evaluar, para que su aporte de información sea confiable y refleje la condición media del sustrato.
- ✓ Realizar la calibración del sensor en varios sustratos a objeto de dar mayor amplitud de uso al sensor.
- ✓ Continuar con la fase siguiente de la investigación para evaluar la capacidad de suministro confiable del riego a cultivos cuya humedad sea evaluada por el sistema ARDUINO.
- ✓ Incorporar otros elementos para su correspondiente evaluación por el sistema arduino para una gestión integral no solo de humedad y otros factores que expliquen la evaporación y evapotranspiración del cultivo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos la confianza y el apoyo dispensado a este proyecto por la rectora Nixa Gnaegi de Ríos, nuestro asesor el

Prof. Erick Sánchez y la Coordinación de Investigación de la Universidad Tecnológica OTEIMA.

REFERENCIAS

- [1] FAO, Roma, 2000, mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares, http://redmujeres.org/biblioteca%20digital/mejorando_nutricion_huertos_granjas.pdf.
- [2] World health organization. fomento del consumo mundial de frutas y verduras <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/index1.html>.
- [3] Los efectos positivos de las huertas familiares sobre la salud de la familia y los medios de vida sostenibles <http://www.fao.org/docrep/008/y5112s/y5112s04.htm>
- [4] P. Ruiloba. Estudio sobre el consumo de hortalizas para una alimentación mas sana de los pobladores del Corregimiento de San Félix, Distrito de San Félix, Provincia de Chiriquí, Panamá elaborado por el grupo juvenil de la Iglesia de Séptimo Día. Comunicación personal (2018).
- [5] F. Muñoz. Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. CENICANA Carta Trimestral v.31, Nos.3y4 de 2009. Julio-diciembre. http://www.cenicana.org/publicaciones/carta_trimestral/ct2009/ct3y4_09/ct3y4_09_p16-18.php
- [6] <https://www.arduino.cc/>.
- [7] M. Liotta et al. Manual de capacitación: riego por goteo. UCAR. 2015 1ª ed. 22p.
- [8] A. Mendoza, Riego por goteo. CENTA. 2013.91p.
- [9] Riego localizado. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-Ministerio para la Transición Ecológica.
- [10] V. Plana. MANEJO Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE RIEGO LOCALIZADO. Consejería de Agricultura y Agua Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Lorca Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.2008. 32p.[11] R. Cabrera PROPIEDADES, USO Y MANEJO DE SUSTRATOS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS EN MACETA. Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1): 5-11, 1999.
- [12] <https://www.arduino.cc/>
- [13] <http://fritzing.org/home/>
- [14] Dutch Plantin <https://www.dutchplantin.com/wp-content/uploads/2018/07/saco-de-cultivo.pdf>
- [15] D. Bermúdez (2014) RIEGO DE HUERTA AUTOMATIZADO POR ARDUINO <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/13166>