

Monitoreo de variables meteorológicas para la diferenciación del viñedo

Regina Beatriz Aguilera¹, Carlos Alejandro Flores¹, Abel Omar Serú²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Almirante Brown 500 (5505) Mendoza, Argentina.

² Escuela de Comercio Martín Zapata, Universidad Nacional de Cuyo, Av. Pedro Molina y Perú (5500) Mendoza, Argentina.
raguilera@fca.uncu.edu.ar

Resumen. Frente a la necesidad de diferenciar el viñedo, contar con varios puntos de monitoreo de variables meteorológicas resulta de gran utilidad. El bajo costo de utilizar tecnologías de hardware y software libre, tales como Arduino, se convierte en una alternativa para lograr una mayor densidad de puntos de medición, así como su desarrollo por no expertos en electrónica. El presente trabajo presenta la primera etapa de un proyecto de monitoreo de variables meteorológicas para la diferenciación del viñedo: el desarrollo del prototipo de módulo de medición.

Keywords: Hardware libre, Arduino, Monitoreo.

1. Introducción

En la agricultura de tipo intensiva, presente en zonas de regadío como Mendoza, Argentina, las unidades de manejo son menores que en la agricultura extensiva. Contar con registros de variables meteorológicas dentro del cultivo permite diferenciar variaciones locales. La zonificación es necesaria para llevar a cabo un manejo diferencial del predio. En cultivos como la vid (principal cultivo de Mendoza), las características y la calidad de los vinos dependen de factores climáticos locales específicos a cada viñedo. De esta forma, una variabilidad fuerte y espacial del clima puede ser observada sobre pequeños espacios. Las variaciones fenológicas, así como las diferencias en la calidad de la uva / vino, a menudo se observan en distancias cortas dentro de una región vitícola y están relacionadas con las características locales (pendiente, suelo, clima estacional, etc.). Estas variaciones locales en el medio ambiente son específicas de un lugar determinado y deben investigarse sistemáticamente para ser consideradas en el contexto de una política racional de adaptación vitícola al cambio climático a escala local [1]. Herramientas de monitoreo del viñedo pueden ayudar en el manejo de la variabilidad intra parcelaria. En este contexto, las tecnologías de bajo costo se convierten en una importante oportunidad de llevar esto a cabo.

La irrupción y veloz desarrollo de las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (NTIC) han puesto a disposición tecnologías electrónicas sumamente económicas aptas tanto para acciones de monitoreo como de control. A partir del

proyecto de código abierto Arduino (www.arduino.cc) en este trabajo se desarrolló un microcontrolador programable y un entorno de programación para crear software para el mismo. Este, cuenta además, con capacidad de expansión a través de placas de circuito adicionales [2]. Arduino es una plataforma de hardware y software libre creada en 2005, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios [3]. El software de Arduino es de fácil uso para principiantes y lo suficientemente flexible como para ser manejado por usuarios experimentados [4].

La libre y gratuita disponibilidad para usar y modificar estos recursos, ha permitido el desarrollo de sistemas de captura de información utilizando sensores económicos conectados a alguna de las plataformas Arduino. Junto con una adecuada programación, se han desarrollado sistemas de registro de datos para diversas aplicaciones, entre ellas las de tipo agrícola [5] [6] [7] [8] [9] [10].

El objetivo de este estudio fue desarrollar un sistema de monitoreo automático de variables agrometeorológicas para su uso en viñedos, basados en software y hardware libres.

2. Materiales y métodos

El sistema de medición para el viñedo consiste en un sensor de temperatura y humedad para registrar las condiciones de la atmósfera dentro de la canopia, dos sensores para registrar la temperatura del suelo a distintas profundidades, una fotorresistencia y un registrador de datos basado en un microcontrolador.

El circuito del microcontrolador maneja todas las mediciones de los sensores, el registro de fecha y hora, y las funciones de almacenamiento y transmisión de datos. Una caja de PVC estanca proporciona protección para los componentes electrónicos. Una imagen del módulo de medición se muestra en la Figura 1.

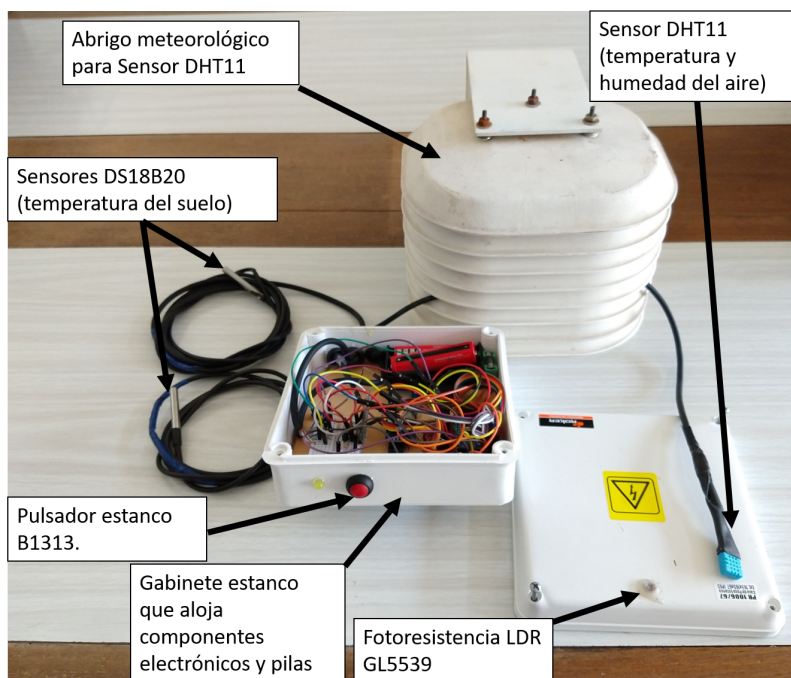


Fig. 1. Módulo de medición de variables agrometeorológicas: Gabinete estanco con los componentes electrónicos y abrigo meteorológico para resguardar el sensor DHT11.

2.1. Datalogger y conectividad

Los componentes principales del dispositivo datalogger fueron una placa Arduino Nano con un microcontrolador de 8 bits ATmega328P-AU y reloj de 16MHz; un “shield” de expansión compatible para facilitar la conexión de sensores y módulos y un módulo Bluetooth HC-05 con las especificaciones del estándar Bluetooth 2.0.

Los datos se almacenan mediante una tarjeta de interfaz utilizando una memoria micro SD y a su vez también pueden ser recuperados desde un teléfono inteligente que cuente con tecnología Bluetooth 2.0 o superior y una aplicación de terminal Bluetooth.

La alimentación se logró mediante baterías recargables de litio.

2.2. Sensores para medir la temperatura y humedad del aire en la canopia

Para tal fin se ha seleccionado el sensor de temperatura y humedad relativa DHT11. Dicho sensor posee la capacidad de interactuar con la placa controladora asociada al mismo mediante el protocolo “1 Wire”. Esto permite la utilización de un único puerto entrada/salida (E/S) para el envío de consultas y para la recepción de datos desde el sensor.

Debido a los requerimientos del sensor DHT11 y del proceso de medición empleado para medir humedad relativa del ambiente, debe asegurarse una adecuada

exposición al aire circulante del entorno. Para esta finalidad, se ha contemplado resguardar este sensor empleando un abrigo meteorológico “*Davis 7714 Weather Radiation Shield*”.

La conexión del sensor con el módulo controlador se ha logrado mediante un cable de audio estéreo, mallado, adecuado a los factores ambientales del contexto.

2.3.Sensores para registro de la temperatura del suelo

Para registrar la temperatura de suelo se ha seleccionado el sensor de temperatura DS18B20. La medición se realizará a dos profundidades (0,5 y 1,0 m), por lo que se utilizarán dos sensores DS18B20. Para el propósito en cuestión, ambos sensores operan independientemente, con un puerto E/S individual. Esto permite una mayor simplicidad en el cableado del circuito, en las lecturas obtenidas y en la identificación de los sensores durante el proceso de medición y análisis.

Los sensores se protegen individualmente en cápsulas de acero inoxidable. Estas mismas se vinculan de forma estanca con el cable empleado, haciendo uso de un aislante termo contraíble. El cable empleado (al igual que para el sensor DHT11), es un cable de audio estéreo mallado.

2.4.Sensores para registro del nivel de luz

Para ello se escogió una foto resistencia LDR GL5539, dispositivo cuya resistencia varía con el nivel de luz recibido.

2.5.Alojamiento y protección de los circuitos electrónicos

La totalidad de componentes electrónicos empleados y sensores, han sido oportunamente resguardados en su puesta a campo, según su régimen operativo individual. Tanto la placa controladora como la totalidad de componentes requeridos para el registro de datos, comunicación Bluetooth e interfaz de usuario, han sido alojados en una caja estanca de 165x165x67 mm (IP 65).

Considerando lo antes mencionado sobre protección de los sensores DHT11 y DS18B20, vale destacar que la interfaz de usuario cuenta con un pulsador de reseteo (encargado del reinicio de programa y apertura temporizada de la sesión Bluetooth), el cual debió ser seleccionado como pulsador estanco, modelo B1313.

De igual modo, la totalidad de los pasajes de cables hacia el interior de caja estanca y abrigo meteorológico han sido adecuadamente protegidos según cada caso, a fines de evitar la entrada de agua o polvo durante su despliegue a campo.

2.6.Costo del sistema

El costo total de armado de cada módulo registrador de variables meteorológicas a campo fue de 65 USD. Este valor es bajo comparado con el costo de registradores comerciales (considerar la cantidad de mediciones que realiza el prototipo presentado).

2.7. Programación y operación

La programación del prototipo ha sido desarrollada colaborativamente entre los miembros del equipo de trabajo, requiriéndose la inter-consulta permanente acerca de conocimientos propios de la disciplina y pautas de trabajo pretendidas para los procesos de medición, registro y comunicaciones.

Si bien los niveles de complejidad se han adecuado para asegurar la óptima interpretación del código por parte de alumnos y profesionales no especializados en programación, se ha logrado con éxito la funcionalidad plena de acuerdo a los requerimientos pautados. El código se encuentra lo suficientemente comentado (Fig. 1), posibilitando que el desarrollo pueda ser analizado, interpretado y modificado por alumnos y docentes con conocimientos previos asequibles, quienes deseen analizar e intervenir los desarrollos a demanda. Además, los principales bloques de programa (encabezado, setup, loop) han sido divididos en grandes partes según su función: *datalogging* y procesos. Esto permitirá emplear el mismo software de *datalogging* en procesos distintos, reduciendo riesgos de afectar funciones accidentalmente.

En cuanto al aspecto operativo, se ha priorizado la estabilidad de los procesos de control, medición, registro y comunicación, en articulación estricta con el óptimo consumo y régimen de trabajo de las baterías. Ambos desarrollos incorporan tecnología de software y hardware para el encendido controlado de periféricos internos, así como externos, lo cual propicia una mayor autonomía y duración de las baterías empleadas.

El usuario tiene las opciones de recuperar el contenido del archivo temporal generado (formato .csv) vía Bluetooth mediante su *teléfono inteligente* y borrar el contenido del archivo temporal almacenado en el módulo mediante el envío de un comando vía Bluetooth. Para estas dos operaciones mencionadas, el usuario debe reiniciar previamente el programa, accionando el respectivo pulsador montado sobre la caja estanca. Un LED indicará las etapas del programa, y también se enviarán mensajes de ayuda vía Bluetooth. Durante esta sesión, el controlador alimentará temporalmente el módulo Bluetooth y se dará lugar a las opciones antes mencionadas. Posteriormente el programa ingresará de forma permanente al bucle de mediciones y registros, el cual solo puede ser intervenido con el pulsador de reinicio.

Cada operación efectuada es a su vez detallada y transmitida por el puerto Serie de la placa Arduino Nano en caso de que se desee supervisar comportamientos durante tareas de mantenimiento, validación o actualización. Asimismo, al abrirse la caja estanca, podrán cambiarse las baterías o bien la tarjeta de memoria puede ser empleada para consultar el archivo “data log” histórico, el archivo temporal y realizar tareas de gestión. Aclárese que la alimentación por baterías es incompatible con la conexión USB y ambas no deben ser implementadas a la vez.

```

modular_finca_02.2
La placa controladora y periféricos empleados son:
- Arduino Nano R3
- Pulsador a prueba de agua, montado en el abrigo meteorológico
- Módulo Reloj de Tiempo Real DS3231
- Módulo Bluetooth HC-05
- Módulo SD ó Micro SD genérico y tarjeta de memoria de 2GB o mayor
- Módulo sensor de temperatura y humedad DHT11, protegido del agua en su aplicación.
- 2 sensores de temperatura DS18B20 con resistencia de 4,7K Ohm (Pull-up)
- Sensor fotorresistivo LDR, requiere de una resistencia de 10K Ohm (Pull-down)

Enlace a librerías: https://drive.google.com/open?id=1WS\_RiYEd-kMFtbX3oSshomfxRqSm7rAH

Los principales bloques de programa (encabezado, setup, loop) han sido divididos en grandes partes según su función: datalogging y procesos. Esto permitirá emplear el mismo software de datalogging en procesos distintos, reduciendo riesgos de afectar funciones accidentalmente.
*/

//-----
// ENCABEZADO DATALOGGING

/*
INCLUIR LIBRERÍAS DATALOGGER Y BLUETOOTH
A continuación, se incluye en el programa los archivos necesarios para que las librerías
puedan trabajar en el proceso de compilación y por lo tanto en las funciones requeridas.
*/

#include <Wire.h> // PROTOCOLO ONE WIRE PARA MÓDULO RELOJ
#include "RTClib.h" // MÓDULO RELOJ DS3231
#include <SD.h> // PROTOCOLO SPI PARA TARJETA SD

```

Fig. 1. Fragmento del código del programa.

3. Resultados y discusión

El proyecto en el que está enmarcado este desarrollo está en sus primeras etapas, es decir la construcción del módulo de medición. En esta instancia se ha logrado el desarrollo del prototipo final, resultado de un proceso artesanal de construcción que implica soldadura de los componentes y uso de cables prototipo. Esto dificulta la escalabilidad del proceso. Se ha logrado el almacenaje de los datos medidos en la tarjeta de memoria y su consulta vía Bluetooth.

El uso de la plataforma Arduino ha permitido el desarrollo de un módulo de medición diseñado según la necesidad del medio a un precio bastante por debajo de los aparatos convencionales. A su vez, el uso de tecnologías de hardware y software libre ha sido un impulsor del trabajo colaborativo y ha posibilitado afianzar el proceso de enseñanza aprendizaje mediado por NTIC.

4. Conclusiones

El uso de la plataforma Arduino ha permitido que, docentes y estudiantes sin conocimientos previos de electrónica, puedan desarrollar su propio prototipo de medición según sus necesidades a un precio accesible. Esto permitirá el uso de un mayor número de estos dispositivos en el campo, posibilitando recabar datos a escala local dentro del viñedo. Así se presenta una solución a una necesidad concreta del medio.

El paso siguiente será, en primer lugar, la validación de estos módulos en laboratorio y a campo. Además, se pretende crear una versión “*Printed Circuit Board*” (PCB) o Placa de Circuito Impreso del prototipo final para estandarizar el proceso de construcción, como así también, utilizar tecnología que permita la comunicación de los sensores y crear un sistema web para la visualización y administración del sistema.

Referencias

1. Quénot, H., Bonnardot, V.: A multi-scale climatic analysis of viticultural terroirs in the context of climate change: the “TERADCLIM” project. *International Journal of Vine and Wine Sciences*, 23-32 (2012).
2. Fisher, D. K., Sui R.: An inexpensive open-source ultrasonic sensing system for monitoring liquid levels. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 15(4), 328-334 (2013).
3. Lledó Sánchez, E: Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino. Tesis de maestría. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España (2012).
4. Larrea Broch, A. C.: Registrador de datos de bajo coste y acceso remoto. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España (2017).
5. Buechley, L., Eisenberg M.: The LilyPad Arduino: toward wearable engineering for everyone. *Pervasive Computing*, 7(2), 12-15 (2008).
6. Zhang, J., Ong S. K., A. Nee Y. C.: Desing and development of a navigation assistance system for visually impaired individuals. *Proceedings of the 3rd International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology*, Singapore (2009).
7. Bergmann, N. W., Wallace M., Calia E.: Low cost prototyping system for sensor networks. *Proceedings of the Sixth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP)*, pp. 19-24, Brisbane, Australia, (2010).
8. Gordon, D., Beigl M., Neumann M.A.: Dinam: a wireless sensor network concept and platform for rapid development. *Proceedings of the Seventh International Conference on Networked Sensing Systems (INSS)*, Kassel, Germany, 15-18 June 2010, pp. 57-60 (2010).
9. Hicks, S. D., Aufdenkampe A. K., Montgomery D. S.: Sensor networks, dataloggers, and other handy gadgets using open-source electronics for the Christina River Basin CZO. Presented at the 2011 Fall Meeting, American Geophysical Union, San Francisco, CA. (2011). <http://www.stroudcenter.org/research/projects/czo/arduino.shtm>
10. Fisher, D. K., Gould P. J.: Open-source hardware is a low-cost alternative for scientific instrumentation and research. *Modern Instrumentation*, 1: 8-20 (2012).