



Raspberry Pi y Arduino: semilleros en innovación tecnológica para la agricultura de precisión.

Daniel Chora Garcia¹, SGuido Álvarez Martínez², Maira Espinoza Garcia³

¹Instituto Tecnológico Superior Babahoyo, Babahoyo, Ecuador, ²Instituto Tecnológico Superior Babahoyo, Babahoyo, Ecuador, ³Instituto Tecnológico Superior Babahoyo, Babahoyo, Ecuador

¹wchora@institutobabahoyo.edu.ec, ²galvarez@institutobabahoyo.edu.ec,

³mespinoza@institutobabahoyo.edu.ec

Recibido: 18/10/2017

Aceptado: 15/01/2018

RESUMEN

En la actualidad se observan profundos cambios tecnológicos como el desarrollo de la electrónica y de las tecnologías de la información y la comunicación que favorece la difusión de la agricultura de precisión. Este avance tecnológico ha alcanzado un nivel que le permite al productor medir, analizar, y manejar la variabilidad dentro de los lotes logrando adecuar el manejo de suelos y cultivo. Sin embargo estas tecnologías pueden representar altos costos o puede percibirse de esa manera si no se analiza sus ventajas, además de que los productores agrícolas pueden tener poca cultura de innovación, por lo cual la agricultura sigue desarrollándose de manera tradicional, sin pensar en las consecuencias de seguir aplicando viejas tradiciones en un sector determinado mientras que el resto de actividades experimenta una continua evolución. Los sistemas embebidos tales como Raspberry Pi y Arduino se presentan como semilleros para innovar en la agricultura ofreciendo soluciones económicas, sustentables, robustas y de código abierto para contribuir a la construcción colectiva de una seguridad alimentaria global. La presente investigación es un compendio de información cuyo objetivo es dar a conocer proyectos que optimizan procesos agrícolas por medio del control de datos ambientales y la gestión de actividades que se involucren en las labores diarias del campo, registro de enfermedades, plagas y malezas; aprovechando los beneficios del hardware y software libre.

PALABRAS CLAVES: Agricultura de precisión, Raspberry Pi, Arduino, Innovación.

ABSTRACT

Today there are profound technological changes such as the development of electronics and information and communication technologies that promote the spread of precision agriculture. This technological advance has reached a level that allows the producer to measure, analyze, and manage the variability within the lots, thus adapting the management of soils and cultivation. However, these technologies may represent high costs or can be perceived in this way if their advantages are not analyzed, in addition to that the agricultural producers can have little culture of innovation, reason why the agriculture continues developing in a traditional way, without thinking about the consequences To continue applying old traditions in a certain sector while the rest of activities undergoes a continuous evolution. Embedded systems such as Raspberry Pi and Arduino are presented as seedlings to innovate in agriculture offering economical, sustainable, robust and open source solutions to contribute to the collective construction of global food security. The present research is a compendium of information whose objective is to present projects that optimize agricultural processes through the control of environmental data and the management of activities that are involved in the daily work of the field, registration of diseases, pests and weeds; Taking advantage of the benefits of free software and hardware.

KEYWORDS: Precision Agriculture, Raspberry Pi, Arduino, Innovation.



1. Introducción

Los fines de la agricultura de precisión traen consigo objetivos implícitos, que apuntan a fortalecer la sostenibilidad social, ambiental y económica de los productores de una región. La agricultura tradicional consideraba a los campos agrícolas como homogéneos y la aplicación de insumos no incluía la variabilidad espacial y temporal de la producción ni el análisis de las causas de esa variabilidad. Dado que factores tales como el aumento de la población global, limitación de recursos y problemas del medio ambiente presentan desafíos para la productividad agrícola, es necesario proponer soluciones efectivas e innovadoras; la agricultura de precisión es la aplicación de tecnologías y principios para el manejo de la variabilidad espacial y temporal asociada a todos los aspectos de la producción agrícola con el propósito de mejorar la productividad del cultivo y la calidad ambiental. (Pierce y Nowak, 1999). Una de las tecnologías que ha causado impacto en la productividad agrícola es el hardware y software libre orientados al modelo “hazlo tú mismo” que da la oportunidad de ser los propios creadores de productos a bajo coste y con grandes beneficios. Este se ha constituido en semilleros de innovación tecnológica que pueden ayudar y han ayudado a mejorar la eficiencia y sostenibilidad agrícola. La presente investigación es una revisión bibliográfica que tiene como objetivo presentar las innovaciones tecnológicas que giran en torno a Arduino y Raspberry Pi y que están direccionadas a una agricultura de precisión; que además pone sus esfuerzos en mitigar los altos costos que puede generar la industria de la agricultura y la gran cantidad de recursos que consume.

2. Desarrollo

Metodología

Para la elaboración del presente se aplicó una Investigación Documental y para la localización de los documentos bibliográficos se utilizaron varias fuentes documentales. Se realizó una búsqueda bibliográfica en Redalyc, Scielo, Dialnet y en repositorios de tesis de universidades nacionales e internacionales, utilizando los descriptores: Raspberry Pi, Arduino, Innovación tecnológica. Los registros obtenidos oscilaron entre 45 y 15 registros tras la combinación de las diferentes palabras clave. También se realizó una búsqueda en internet en el buscador -google académico-, en páginas oficiales de raspberry Pi y en Blogs confiables de avances tecnológicos con los mismos términos. Se seleccionaron aquellos documentos que informasen sobre los proyectos tecnológicos que se han realizado con Raspberry Pi basado en el internet de las cosas, y el impacto que está generando en diversos aspectos de la vida.

Agricultura y Precisión

El concepto sobre el que se basa la Agricultura de precisión es efectuar la intervención correcta, en el momento adecuado y en el lugar preciso (García y Flego, 2005).. Efectuar la intervención correcta significa aportar la dosis de nitrógeno adecuada, depositar la cantidad de semilla necesaria o distribuir la cantidad de fitosanitario requerida; el momento adecuado está relacionado con la mayor o menor automatización de la acción, es decir, el poder modificar las cantidades de producto anteriormente relacionadas en el instante que ello sea necesario, y no únicamente al inicio de la labor; y si todo ello se realiza en el lugar preciso, teniendo en cuenta no solo la variabilidad entre parcelas, sino también la variabilidad intraparcelsaria, de más difícil gestión, estamos consiguiendo los objetivos que implícitamente aparecen en la definición [1]. La agricultura de precisión es la aplicación de tecnologías y principios para el manejo de la variabilidad espacial y temporal asociada a todos los aspectos de la producción agrícola con el propósito de mejorar la productividad del cultivo y la calidad ambiental.

Con este enfoque, las ventajas de la agricultura de precisión sobre la tradicional son claras y contundentes debido a la posibilidad de utilizar los insumos de forma cada vez más criteriosa con dosis adecuadas y



de acuerdo a la real necesidad del cultivo. Este manejo del ambiente permite la aplicación de insumos solo en las áreas en las que resulta necesario y en donde la respuesta de esta intervención tendrá un claro beneficio económico. Lo que permite una disminución del impacto sobre el medio ambiente y una significativa reducción de los recursos energéticos, lo que seguramente aportará a la mitigación del cambio climático global [2].

La agricultura de precisión se muestra como una de las mejores herramientas a utilizar en los sistemas productivos del tercer milenio como consecuencia de la optimización de los inputs, la reducción de costes medioambientales, el incremento de la precisión en la producción y la incorporación de la trazabilidad en el proceso, término de creciente demanda por parte del consumidor y la legislación en general.

Hardware libre para la agricultura de precisión

Raspberry Pi

Según el Blog Historia de la Informática de la Universidad Politécnica de Valencia, Raspberry Pi:

Es una placa computadora (SBC) de bajo coste, se podría decir que es un ordenador de tamaño reducido, del orden de una tarjeta de crédito, desarrollado en el Reino Unido por la Fundación Raspberry PI (Universidad de Cambridge) en 2011, con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas, aunque no empezó su comercialización hasta el año 2012.”

A pesar de que esta mini computadora fue creada con fines educativos, ha revolucionado el campo de los sistemas embebidos, y gracias a su versatilidad se implementado en áreas ajenas a la educación, como por ejemplo la agricultura.

Arduino

Es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos [3].

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing). Los proyectos de Arduino pueden ser autonomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.).

Se han realizado varios proyectos en Arduino orientados a la agricultura de precisión.

El hardware libre como tal presenta algunas desventajas en su uso, pero más son las ventajas que hacen que su uso y aplicación sean idóneos como semilleros de innovaciones tecnológicas.

Basado en las ventajas que presentan como hardware libre, se hace una recopilación de las innovaciones tecnológicas más relevantes, que se han constituido en significativos avances para una agricultura de precisión.

Innovaciones tecnológicas con Raspberry Pi y arduino

Sistema de monitorización de datos agroclimáticos con gestión en la nube

La presión para aumentar la producción de alimentos hace que sea necesario aprovechar la automatización y el internet de las cosas. El análisis de datos para el control del suelo y el estado del cultivo en tiempo real es fundamental para mejorar el rendimiento y aprovechar unos preciados recursos.



Tabla 1: Ventajas y desventajas de utilizar hardware libre.

Hardware libre	Desventajas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none">• Arduino• Raspberry	<ul style="list-style-type: none">• Uno mismo debe construirlo• No tiene la misma robustez de un equipo propietario• No tiene la misma precisión de un equipo propietario• No hay mantenimiento del proveedor	<ul style="list-style-type: none">• Flexible• Económico• Se tiene código abierto• Mucha información y librerías en la Web para construirlo• No se requiere ser programador experto• Prototipado rápido (docencia e investigación)

Debido a la escasez de recursos hídricos en varias zonas de la costa mediterránea de España, y sumados a los altos costos del riego se hace necesario buscar la eficiencia de este recurso; de allí que el grupo de investigación “Ingeniería Agromótica y del Mar” de la Universidad Politécnica de Cartagena desarrolló un sistema para la programación de riego a partir de los datos obtenidos por una serie de lisímetros de pesada para cultivo en maceta basado en controladores compactos (Ruiz-Peñalver et al., 2015; Vera-Repullo et al., 2015). Dicho sistema presenta algunos aspectos mejorables como el coste de los controladores, limitaciones por la infraestructura cableada, dificultad en la gestión de los datos y la necesidad de incluir una estación agroclimática de forma que se pudiera contrastar la demanda evapotranspirativa debida a la componente climática con el estado hídrico del cultivo y del suelo para analizar el comportamiento del mismo [4].

Para esto se implementó dos nodos de sensores hechos con Raspberry Pi el uno de lectura de datos climáticos que se comunica con la estación meteorológica y el otro nodo de lectura de los datos lisimétricos cuya función es obtener señales de un lisímetro de maceta. Ambos envían la información utilizando Módems USB con tecnología 3G, hacia una base datos a un servidor alojado en la nube, el cual por medio de una aplicación puede ser consultado desde cualquier dispositivo con conexión a Internet [4].

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios se implementó en una parcela experimental, en este sentido la aplicación permite al usuario acceder fácilmente a los datos registrados y tomar las decisiones de planificación de riego oportunas.

Los índices de madurez de la fruta hacen referencia a propiedades físicas y químicas que permiten al agricultor, en el momento de la recolección, asegurarse una calidad mínimamente aceptable para su consumo o una larga vida si se pretende almacenar.

Antes de la adopción de la tecnología en el sector agrícola, era el propio agricultor quien, gracias a su experiencia e intuición, determinaba el momento más adecuado para la recogida de la fruta. Esta decisión, normalmente, sólo tiene en cuenta algunas propiedades físicas del fruto como pueden ser el tamaño y forma, el color del fruto y, ocasionalmente, de la semilla, la resistencia de la pulpa a la presión y la facilidad con la que se desprende del pedicelo. . Para desarrollar esta labor podían contar con la ayuda de tablas de calibres y/o tablas de colores orientativas.

Sin embargo, con la irrupción de las placas de prototipado rápido (Arduino y Raspberry Pi como máximos exponentes), se están proponiendo por las universidades distintos dispositivos de bajo coste como lenguas electrónicas portátiles para medir la maduración. Concretamente, para el caso de la uva, analizando su acidez y la cantidad de azúcar en la fruta con dispositivos como GrapePrecision, dispositivo que posibilita la medición del grado de maduración de la uva en base al color y a la concentración de azúcar creado con una Raspberry Pi equipada con PiCamera v2, la plataforma STM32 Núcleo-F401RE y el sensor óptico



Figura 1: Grape precisión

TCD1304, respectivamente. En concreto, para medir el grado de azúcar, se utiliza el sensor CCD lineal TCD1304, un diodo laser de 640 nm y, como principio físico, la ley de la refracción de Snell [5].

Controlado por una app instalada en un smartphone, no sólo hace posible que el agricultor conozca en todo momento y desde cualquier lugar el proceso de maduración que está siguiendo su producto; también su posterior procesamiento y análisis al registrar los datos de las mediciones en un servidor remoto [5].

AgroFarm Pi

Es un Proyecto abierto e independiente de agricultura de precisión construido con un Raspberry Pi. La ideología del proyecto es proporcionar Agricultura de precisión al alcance de todos, en busca de una producción sostenible y prospera que contribuya a la construcción colectiva de una seguridad alimentaria global.

AgroFarmPi está diseñado con dispositivos y elementos comerciales de distribución masiva y de fácil acceso en cualquier tienda de electrónica, por lo tanto acceder a la estructura de hardware es una tarea sencilla, ya sea para conocer más a fondo de la composición del sistema o para construir una versión propia que se acomode a sus necesidades [6].

Logra optimizar procesos agrícolas por medio del control de datos ambientales y la gestión de actividades que se involucren en las labores diarias del campo, registro de enfermedades, plagas y malezas así como de tratamientos y resultados, se incluyen herramientas para facturación de compras, ventas y manejo de pagos por jornales.

Monitoreo Ambiental: Registro de variables ambientales por medio de estaciones meteorológicas y nodos sensores remotos, funcionando con ayuda de energía solar conformando así a una completa unidad ambiental central.

Información en tiempo real: Manipulación de registros ambientales y administrativos en tiempo real por medio de actualizaciones automáticas que mantendrán sincronizado un servidor principal.

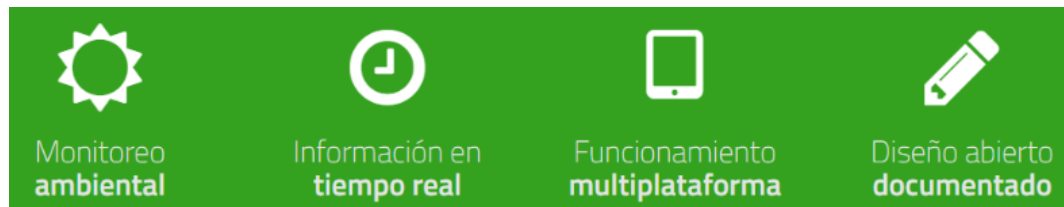


Figura 2: Funciones de AgroFarm Pi

Funcionamiento multiplataforma: Sincronización de datos agrícolas y ambientales en diferentes plataformas de acceso, web, móvil y escritorio, permitiendo un manejo sencillo e intuitivo hasta para el usuario menos experimentado.

Diseño abierto documentado: Construcción de hardware abierto y software libre, documentado en su totalidad con el objetivo de evolucionar el funcionamiento del sistema a futuro y acomodarlo a sus necesidades.

AgroFarmPi funciona por medio de un completo conjunto de tecnologías de la información y las comunicaciones, incluye elementos de hardware como estaciones meteorológicas, nodos sensores remotos y unidades ambientales además de completos sistemas de información que centran su actividad en el almacenamiento en la nube y sincronización de datos multiplataforma [6].



Nduino



Figura 3: Nduino

El Nduino es un equipo de medición foliar de clorofila / nitrógeno basado en el microcontrolador Arduino, y en concreto en este primer prototipo en un Arduino Uno. Consiste en una pinza donde se coloca la hoja a muestrear. Un diodo LED emite una luz blanca que se refleja en la superficie de la hoja, y la luz reflejada es recogida por un sensor RGB. La información captada por el sensor se transmite a la placa Arduino, donde un software desarrollado al efecto realiza una serie de cálculos y ofrece un índice de vegetación. Adicionalmente se registra el lugar de la medición mediante un receptor GPS incorporado y se guarda la información en una tarjeta de memoria SD para su uso y disfrute con nuestro SIG favorito [7].

Este cálculo tiene gran importancia, ya que para un desarrollo adecuado del cultivo es necesaria la aplicación de suficientes cantidades de este macroelemento (básico para la planta junto con el fósforo y el potasio, microelementos aparte). Además, es necesario aplicarlo en el momento adecuado y correctamente distribuido, ya que si no se pueden "sobrealimentar" algunas zonas del cultivo dejando otras insuficientemente nutridas. Y por otra parte, la excesiva aplicación de nitrógeno aumenta el riesgo de su lixiviación y/o escorrentía, con lo que puede verse afectada la calidad de las aguas subterráneas o superficiales, pudiendo contaminarse.

El Nduino realiza la medición en el visible completamente, lo que mide es la reflexión, y no la transmisión de la luz, los datos recogidos se georreferencian, con lo que es factible realizar un mapa de veredor de la parcela mediante un SIG. Por último, las mediciones se guardan en una tarjeta de memoria, en concreto en formato CSV, con lo que no hace falta apuntar nada y la información se puede volcar a cualquier software de análisis estadístico o, como ya he comentado, a un SIG [7].



FarmBot



Figura 4: FarmBot

Se ha hablado muchas veces de que la agricultura de precisión es el futuro de la agricultura, de su sostenibilidad y de gran soporte para la industria alimentaria. Es por eso que una empresa llamada FarmBot está trabajando para llevar la tecnología de precisión a la agricultura a personas preocupadas por el medio ambiente.

El primer producto de la empresa recibe el nombre de FarmBot Genesis, una solución agrícola que sigue el modelo “hazlo tú mismo” o DIY que en teoría cualquiera debería comprender. El sistema ya va por su novena versión, y al tratarse de un robot cuyo hardware está totalmente abierto las mejoras llegan gracias a la comunidad de usuarios .

El robot viene en un kit que incorpora un Arduino Mega 2560 y una Raspberry Pi 2 Model B. Todo el hardware viene desmontado, pero se tiene acceso desde el minuto cero a toda la comunidad de desarrollo open source. FarmBot se mueve a través de una infraestructura que debe montar el usuario, y gracias a la comunidad tenerla lista es cuestión de seguir unas instrucciones. Hay hasta foros de Internet donde se da respuesta a problemas comunes. El software del robot funciona accediendo a una aplicación web que, dicho sea de paso, se parece bastante a FarmVille [8].

El sistema físico de FarmBot está alineado con los cultivos que trazas en la aplicación web. De esta forma FarmBot puede regar, fertilizar y utilizar otros recursos para mantener las plantas sanas y creciendo. Como no requiere ninguna clase de sensor o tecnología delicada, FarmBot es una solución mucho más barata que el equipo agrícola de precisión industrial. Gracias al sistema de montaje universal se puede adaptar el robot para que haga prácticamente cualquier tarea de jardín que quieras [8]).

Todos estos proyectos son unas pocas innovaciones de las tantas que existen, que han surgido tanto por las necesidades que presenta el sector agrícola, en cuanto a producción, recursos desgastados y falta de precisión para abonar el terreno; como por las facilidades y ventajas que presentan Raspberry pi y Arduino en la construcción de soluciones efectivas y económicas para una agricultura sostenible.



3. Conclusiones

La revisión de la literatura ha permitido destacar el potencial del hardware libre específicamente Raspberry Pi y Arduino que presentan soluciones efectivas a problemas en el sector agrícola.

Los dispositivos hardware libre, siguen el modelo hazlo tú mismo, convirtiéndolos en un semillero de innovaciones tecnológicas en todo tipo de área, sobre todo en la agricultura de precisión.

El uso de dispositivos de hardware libre, puede optimizar el recurso hídrico, mejorar la calidad del cultivo, monitorizar la madurez de una fruta, medir la clorofila, hasta tener el propio robot para el cuidado de su jardín.

Referencias

- [1] Emilio Gil. “Situación actual y posibilidades de la Agricultura de Precisión”. En: (2010).
- [2] Evandro Chartuni Mantovani y Carlos Magdalena. “Manual de agricultura de precisión.” En: *Embrapa Milho e Sorgo-Livro científico (ALICE)* (2014).
- [3] *¿Qué es Arduino?* es-ES.
- [4] C. Jiménez-Carvajal y col. “Sistema de monitorización de datos agroclimáticos con gestión en la nube”. En: ().
- [5] *Maduración de la fruta: de la mirada subjetiva a la precisión tecnológica / Internet de las Cosas para el Sector Agroganadero.*
- [6] AgroFarmPi. *Proyecto abierto e independiente de agricultura de precisión construido con un raspberry pi.*
- [7] *Nduino: Agricultura de precisión con Arduino.*
- [8] Malavida. *FarmBot, el robot open source que juega al FarmVille con tu jardín.* es.