

AUTOMATIZACIÓN DE BAJO COSTO UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN INVERNADEROS Y HUERTOS CASEROS

Ashley Acosta, Estudiante de Licenciatura, Aliana Aguilar, Estudiante de Licenciatura
Universidad Tecnológica de Panamá, Sede Veraguas, Santiago, ashley.acosta1@utp.ac.pa , aliana.aguilar@utp.ac.pa

Profesor Asesor: Cristian Pinzón Trejos, Ph. D en Informática con especialidad en Sistemas Inteligentes
Universidad Tecnológica de Panamá, Sede Veraguas, Santiago, cristian.pinzon@utp.ac.pa

Resumen—Actualmente existen en el mercado productos comerciales para la automatización de invernaderos y huertos. Sin embargo, dichas tecnologías son costosas y son utilizadas en estructuras para la producción agrícola a gran escala. No así, en estructuras caseras tales como los invernaderos y huertos familiares los cuales son construidos con bajo presupuesto. Estas instalaciones están construidas para el cultivo de subsistencia de las familias.

En este trabajo se presenta un plataforma para el monitoreo y control de invernaderos y huertos caseros. La plataforma está basada en la tecnología Arduino como plataforma de automatización. A través de esta tecnología de bajo costo se realizarán tareas de monitoreo y control en tiempo real de las condiciones climáticas de los invernaderos y huertos. A través de un conjunto de sensores, una componente de control basado en una placa Arduino YUN, una aplicación web y una aplicación móvil se podrán monitorear variables de temperatura y humedad en el interior de las estructuras de cultivo, además, de controlar mecanismos de riego y climatización.

La plataforma propuesta es innovadora al plantear el uso de tecnologías recientes como la placa Arduino YUN, una placa con soporte a acceso a internet desde el puerto Ethernet así como acceso a las redes WiFi. No obstante, con un costo reducido comparado a otras tecnologías de automatización. En este trabajo se presenta un prototipo de la plataforma describiendo cada uno de los elementos que la componen. Finalmente, se detallan las conclusiones de este trabajo demostrando las ventajas de su implementación.

Palabras Claves: Invernadero, hortalizas, riego, sensores, Arduino, LAN..

I. INTRODUCCIÓN

América Latina es una de las regiones del mundo que mayor cantidad de alimentos produce. Sin embargo, gran parte de su población padece de hambre, con un estimado de 37 millones de personas para este año 2015[1]. En esta dirección, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se plantea diversas estrategias para dotar a los gobiernos de los recursos y mecanismos que les permita

garantizar una seguridad alimentaria a su población. Dentro de las estrategias impulsadas por los gobiernos, los invernaderos y huertos caseros, también llamados familiares o artesanales se han convertido en un recurso clave en la producción de alimentos para el sustento de las familias en áreas rurales y áreas urbanas.

Los invernaderos y los huertos caseros son estructuras construidas principalmente para el cultivo de hortalizas, aunque también se utilizan para el cultivo de plantas ornamentales y medicinales para el abastecimiento familiar o comunitario. Ambas estructuras apuntan a un objetivo común: asegurar una disponibilidad de alimentos de forma continua durante todo el año. Además, comparten características similares relacionadas a las condiciones climáticas del entorno, y mecanismos rudimentarios de riego y ventilación, que pueden ser objetos de algún tipo de control. Al tratarse de estructuras caseras, muchas carecen de tecnologías, por los elevados costos que implican la instalación de estas tecnologías de control y automatización, que les permita monitorear y controlar variables climáticas. No obstante, el control de un microclima dentro del entorno permite apuntar hacia una optimización en el gasto de agua, insumos, un control eficiente de plagas y enfermedades, un aumento en la producción y en la calidad de los productos.

El aumento en la construcción de invernadero y huertos caseros se ha debido en los últimos años a las irregularidades climáticas en el cultivo en suelo abierto, el incremento del precio de los productos por los intermediarios, la necesidad de consumir alimentos frescos y libres de contaminación, y la posibilidad de cultivar productos en cualquiera época del año.

Sin embargo, la construcción de invernaderos y huertos caseros no ha venido acompañado del uso de tecnología, principalmente por los costos que esto conlleva. Actualmente se cuentan con sistemas comerciales de control y supervisión de ambientes controlados, que permiten manipular variables climáticas como temperatura, humedad y sistemas de riego, con precios elevados que superan los miles de dólares de inversión [2]. Esto conlleva que hogares en zonas rurales y urbanas, pequeños productores, cooperativas organizadas no

modernicen sus instalaciones con el uso de herramientas tecnológicas.

Frente a esta situación, se hace indispensable empoderar a las familias y productores en zonas rurales y urbanas con tecnologías de bajo costo que automaticen tareas rutinarias dentro de invernaderos y huertos caseros. En este artículo se plantea una solución innovadora basada en una plataforma de hardware y software de bajo costo para la automatización de tareas dentro de los invernaderos y huertos caseros. El sistema propuesto plantea controlar y monitorear variables climáticas como luminosidad, temperatura, humedad relativa y mecanismos de riego y climatización dentro de las instalaciones. A través del monitoreo y control en tiempo real de las condiciones climáticas en el interior de los invernaderos y los huertos caseros se provee a los cultivos las condiciones óptimas de cultivo y crecimiento.

La plataforma propuesta se basa en la tecnología Arduino [3] como soporte de hardware utilizando un conjunto de sensores para monitorear las variables climáticas, y controlar mecanismos de climatización dentro del invernadero. Dentro del soporte de Software, la plataforma se plantea de forma modular con tres interfaces de salida.

- La primera interface de salida consiste en una pantalla LED instalada en el invernadero para mostrar las variables climáticas en tiempo real. Esta interface mostrará la información en un punto estratégico dentro del invernadero.
- La segunda interface se basa en una aplicación Web para la presentación gráfica de los datos recolectados por los sensores. A través de la aplicación Web se guarda y se despliega información histórica de las variables climáticas almacenadas en una base de datos. Esta información puede ser utilizada para un análisis posterior. La aplicación Web sólo se instalará en aquellas estructuras donde se tenga disponible un equipo de cómputo para alojar el sistema.
- Finalmente, la plataforma incorpora una aplicación móvil nativa para obtener los datos en tiempo real de las condiciones climáticas en el interior del invernadero o el huerto, y la capacidad de encender/apagar el mecanismo de riego y microaspersión instalado dentro de la estructura.

Como la plataforma ha sido planteada de forma modular, el único componente obligatorio para desplegar información es la pantalla de LED. Tanto la aplicación Web como la aplicación móvil sólo serán configuradas dentro de la plataforma si se tienen disponibles los equipos necesarios para su funcionamiento.

El resto del artículo es estructurado como sigue: En la sección 2 se realiza la formulación del problema. En la sección 3 se describen las tecnologías utilizadas en la plataforma de computación propuesta. En la sección 4 se describe el desarrollo del sistema y finalmente, en la sección 5 se presentan las diferentes conclusiones.

II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A. Escenario de Trabajo

El escenario del proyecto propuesto está enfocado a invernaderos y huertos de bajo presupuesto, independientemente para zonas rurales o urbanas donde puedan implementarse procesos de automatización. Concretamente ambientes controlados de bajo costo y huertos caseros o familiares. A continuación se explican algunos conceptos importantes del escenario foco de esta propuesta.

Invernaderos

Un invernadero es un conjunto de instalaciones que tienen como propósito fundamental la producción de hortalizas, frutas, plantas ornamentales entre otras en un ambiente específico[4]. En el caso de los invernaderos caseros, son instalaciones económicas construidas con materiales de bajo costo o materiales reciclables que brindan las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de variedades de plantas principalmente hortalizas.

De acuerdo con su nivel tecnológico, estructura y tamaño se pueden identificar dos tipos principales de invernaderos: de baja tecnología, con una estructura muy simple, con cubierta de plástico, control climático pobre, e invernaderos de alta tecnología, donde los costos de inversión son muy altos [5].

Huertos

El huerto familiar o casero, a diferencia de un invernadero como entorno controlado, es la parcela en la que se cultivan hortalizas frescas en forma intensiva y continua durante todo el año. Se puede establecer en pequeños espacios de tierra en algún lote cercano a la casa y los productos se reservan para las necesidades alimenticias de la familia [6]. El concepto de huertos caseros ya no se puede limitar a las zonas rurales, ya que actualmente en las grandes ciudades se ha intensificado esta práctica. Los huertos caseros, así como los invernaderos pueden ser automatizados monitoreando condiciones climáticas y controlando mecanismos de riego y climatización básicos.

Ambas estructuras apuntan a un objetivo concreto que es la producción de alimentos en cualquiera época del año garantizando una producción permanente.

B. Descripción del problema

La agricultura en ambientes controlados es una técnica que poco a poco crece en América Latina y cuenta con un alto potencial para producir alimentos[7]. En sistemas controlados el cultivo presenta condiciones diferentes comparadas con las producidas al aire libre, la precisión en la frecuencia y dosis de riego son de vital importancia para satisfacer las necesidades hídricas de la planta en cada etapa de su desarrollo.

A través de la computadora, el software y las nuevas tecnologías, se pueden controlar muchas de las variables que inciden en el desarrollo de las plantas como la luz, temperatura, humedad, CO₂ y nutrición, entre otros[8]. Esto permite un mejor uso de los recursos y al mismo tiempo se

logra una mayor productividad en un ambiente más favorable para el crecimiento de las plantas. Mediante estas técnicas se puede optimizar el uso de insumos, promover la estabilidad en la producción, maximizar el retorno económico ya que se necesita menos mano de obra a la hora de realizar el trabajo, el ahorro del agua que contribuye directamente a la conservación ambiental, y la calidad superior de la cosecha convierten a la agricultura en ambiente controlado en unas de las técnicas más utilizadas y eficientes.



Fig.1. Cultivos en Ambiente Controlado

Sin embargo, los costos de automatización en invernaderos y huertos representan una limitación para su incorporación, más aun cuando se habla de invernaderos y huertos caseros con bajo presupuesto. Tomando a Panamá como referencia en el costo de los invernaderos, convencionales y no automatizados, los mismos ronda los US\$ 3,500.00 y US\$ 6000.00 destinados a producción de hortalizas y flores[9]. Estos costos no incluyen tecnología de automatización

Actualmente en Panamá se desarrollan diferentes proyectos como el moderno invernadero para el cultivo de papas (Fig.2) con un costo aproximado de B/ 30.000[10], que bajo el patrocinio del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá busca incentivar una producción en ambientes cerrados y controlados a través de alta tecnología.



Fig.2. Cultivo de Papas en el Invernadero de la Estación Experimental del IDIAP en Cerro Punta

Sin embargo, en la actualidad se puede utilizar dispositivos de bajo costo como micro controladores Arduino[11], Circuitos Integrados Programables PIC, dispositivos temporizadores semanales y relés programables, que permiten construir sistemas semejantes a los utilizados en invernaderos industriales pero a un costo mucho más económico y accesible para los pequeños productores.

En este artículo se plantea la utilización de la tecnología Arduino [3], como una tecnología de bajo costo comparado con otras tecnologías en el mercado. A continuación en la siguiente tabla se hace una comparativa de tecnologías de automatización existente.

| Dispositivo | Características | Precio |
|---|---|--------------------|
| PLC Controlador Lógico Programable | <ul style="list-style-type: none"> ○ Permiten reprogramación ○ Consumen poca potencia ○ Realiza Operaciones Aritméticas ○ Mayor Capacidad de Almacenamiento. | 1000\$-4000\$ |
| Arduino | <ul style="list-style-type: none"> ○ Hardware libre ○ Microcontrolador reprogramable ○ Compatibilidad con software libre. ○ Amplio conjunto de sensores de bajo costo ○ Conexiones de forma sencilla | 50.00\$-90.00\$ |
| PIC 16F628 | <ul style="list-style-type: none"> ○ Un reducido número de instrucciones de longitud fija. ○ Instrucciones duran 1 tiempo de instrucción | 6.00\$-10.00\$ |
| Dispositivos Temporizadores | <ul style="list-style-type: none"> ○ Contador activa y desactiva una acción cada cierto tiempo. ○ No programable ○ Plataforma cerrada. | 24.00\$ - 90.00 \$ |

TablaNº1 Comparación de características y precios de microcontroladores.

En la tabla comparativa se puede observar, que Arduino es la tecnología más económica y con una gama de productos de hardware disponibles, además de fácil instalación y programación.

La tecnología Arduino ha sido probada y validada en proyectos reales, tales como [12] , donde el sistema se ha desempeñado satisfactoriamente a largo plazo en condiciones ambientales adversas.

| Soluciones comerciales | Precio | Tecnología utilizada |
|------------------------|-------------|----------------------|
| Sistemas de riego[13] | \$8,000.00 | PLC |
| Hydro Environment[14] | \$799.00 | Timer Digital |
| Biorand S.L[15] | \$6,020.25 | PLC |
| Grupo W&S[16] | \$14,106.00 | ----- |
| ABACPA | \$143.00 | Arduino |

TablaN°2 Comparación de soluciones comerciales de sistemas de riegos automatizados

La tabla comparativa N°2 muestra el precio de algunos sistemas comerciales de riego en invernaderos y cultivos en parcelas, en la cual ABACPA se proyecta como una de las soluciones de automatización de más bajo costo.

III. TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

A. Plataforma Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. Arduino puede tomar información del entorno a través de los pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing)[17]. La tecnología Arduino ya ha sido probada en entornos de ambiente controlados como se ha demostrado [18], [19], [20], [21], [22].

B. Arduino YUN

En este trabajo se plantea la utilización de la tarjeta Arduino Yun [23]. El Arduino Yun es una placa electrónica basada en el ATmega32u4 y el Atheros AR9331. El procesador Atheros es compatible con una distribución Linux basada en OpenWrt llamado OpenWrt -Yun[24]. La tarjeta ha incorporado Ethernet IEEE 802.3 10/100Mbit/s y Wi-Fi IEEE 802.11b/g/n a 2,4GHz, un puerto USB-A, ranura para tarjeta micro-SD, 20 entradas digitales / pines de salida (de los cuales 7 se pueden utilizar como salidas PWM y 12 como entradas analógicas), una RAM de 64 MB DDR, memoria flash 16 MB, entre otras importantes características.

La tarjeta Arduino Yun similar a la tarjeta Leonardo [25] incorpora un microcontrolador ATmega32u4. Tiene

integrado la comunicación USB, con lo cual se elimina la necesidad de un procesador secundario. Una de las características más destacable en el Arduino Yun, es que la placa puede ser programada directamente vía Wifi a través del módulo Linux. En la figura 3 se detalla los componentes de la placa Arduino Yun.

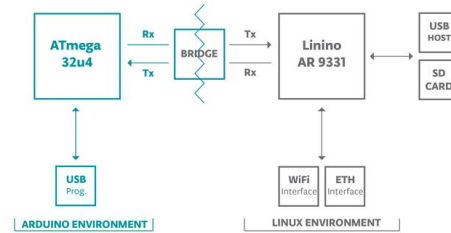


Fig.3. a.) Componentes principales de la placa Arduino Yun. b.) Placa Arduino Yun dentro de su caja de soporte

Dentro del proyecto propuesto, a través de la placa Arduino Yun se alcanza la conectividad necesaria con el router y a su vez con el servidor de almacenamiento de datos. Además, la placa controla la activación y desactivación de los actuadores que se encargan del sistema de riego en el interior del invernadero.

C. Sensores de Temperatura y Humedad

Los sensores son un conjunto de captadores capaces de medir diferentes variables, en el caso que nos ocupa las variables de temperatura y humedad.

En el proyecto se utiliza sensores DHT11 [26]. Este sensor se compone de un sensor capacitivo y de un termistor para medir la humedad. Funcionan con ciclos de operación de duración determinada. Está diseñado para medir temperaturas entre 0 y 50°C con una precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$ y para medir humedad entre 20% y 80% con una precisión de 5% [27].

La utilización de los sensores en el sistema representa una herramienta para la mejora de la gestión de las condiciones ambientales en el interior del invernadero y en la entrega de la información al usuario. La función primordial es recoger la información sobre la temperatura y humedad de forma automática, almacenar los datos en una base de datos, y finalmente publicar estos datos en una página web.

D. Relé y Válvula Solenoides

Como parte de los actuadores se trabaja con un relé. El Relé es un interruptor operado magnéticamente, se activa o desactiva dependiendo de la conexión cuando el electroimán que forma parte del relé es energizado[28].

El relé es usado normalmente en circuitos electrónicos para controlar otros circuitos que operan a tensiones superiores a las del circuito. En el sistema propuesto, el módulo de un relé será el encargado de encender o apagar una válvula solenoide que es la encargada de permitir el paso del agua. En la figura 4 se presenta un módulo de Relé de 4 canales con electroválvula de 12V.



Fig.4. Módulo Relé de 4 canales con Electroválvula.

E. Pantalla LED

Una pantalla LED es un dispositivo de salida que muestra datos o información al usuario. Se caracteriza por estar compuesto por diodos emisores de luz o ledes. Los LED presentan muchas ventajas tales como el bajo consumo de energía, un mayor tiempo de vida al aire libre, tamaño reducido, resistencia a las vibraciones, reducida emisión de calor, entre otras. Estas características hacen a los LED ideales para trabajar en los invernaderos. Dentro del Invernadero, en un lugar estratégico, se utilizará una pantalla de LED para mostrar la información en tiempo real de las variables climáticas. Esta interface de salida es la única obligatoria dentro de la plataforma para la presentación de información.

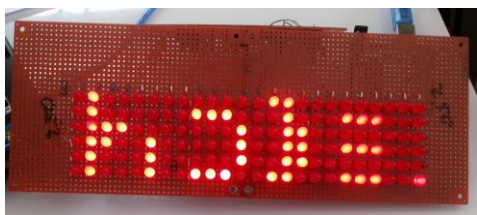


Fig.5. Pantalla LED como interface de salida.

F. Servidor Web

Un servidor web es un equipo que atiende peticiones de otro dispositivo al cual se le denomina clientes a través de una dirección IP. Este equipo es el encargado de proporcionar los servicios básicos de la página web, de alojar la base de datos usada en el proyecto para almacenar las lecturas de los sensores, el contenido y los

recursos de la página web. La figura 6 muestra un diagrama de la arquitectura del servidor.



Fig.6. Arquitectura del Servidor Web

G. Plataforma Web y Base de Datos phpMyAdmin

La plataforma para el monitoreo y control de invernaderos y huertos caseros se ha desarrollado de forma modular. La plataforma permite instalar una aplicación Web cuando las condiciones sean factibles. Es el caso para aquellos invernaderos u hogares, etc. donde se tenga disponible un equipo de computadora con requisitos mínimos.

La página web está diseñada para servir como una herramienta de observación de los cambios de las diferentes variables relacionados con el invernadero y que son controlados por el sistema, a su vez que sirve como puente para acceder a la información que se encuentran almacenados en la base de datos. El usuario podrá visualizar esta información a través de gráficas y evaluar el desarrollo de los cultivos basándose en las condiciones ambientales previamente establecidas.

Al ser una página web creada de forma dinámica mediante el lenguaje HTML[29], se ofrece al usuario la posibilidad de comprobar desde cualquier lugar donde se disponga de un navegador web y conexión a Internet la información enviada.

Para efecto de la base de datos se trabajó sobre la plataforma *phpMyAdmin*, la cual es una herramienta de software libre escrito en PHP. Es compatible con una amplia gama de operaciones en MySQL, MariaDB y llovizna [30].

La ventaja de incorporar la aplicación web dentro de la plataforma es la capacidad de registrar información histórica de las variables climáticas. De igual forma se registra la fecha y hora cuando el sistema de riego inicia y para de regar. Toda esta información almacenada puede ser utilizada para ser analizada posteriormente para realizar adecuaciones y asegurar un microclima adecuado para los cultivos.

H. Android Studio

Android es un sistema operativo desarrollado para dispositivos móviles de código abierto basado en Linux, que permite a cualquiera que quiera modificar o crear su propia versión del sistema. El lenguaje de programación base es C/C++ y Java. Hoy en día es el más utilizado en el mundo móvil y su éxito se debe en gran parte a la comodidad, flexibilidad y facilidad que les brinda a los desarrolladores de aplicaciones[31].

Otro componente modular de la plataforma es la incorporación de una aplicación móvil nativa para el monitoreo de las variables climáticas en el interior del invernadero y el control del sistema de riego. La aplicación móvil conforma otra de las interfaces de salida y control del invernadero, adicional a la aplicación web y una pantalla LED de información instalada dentro del invernadero.

IV. DESARROLLO DEL SISTEMA

La plataforma de bajo costo, propuesta en este trabajo, para el control de invernaderos se encuentra actualmente en fase de prototipo. En estos momentos la plataforma es probada en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Panamá Centro Regional de Veraguas (Fig.7). El proyecto se maneja sobre la plataforma de desarrollo libre Arduino. Dadas las funciones de la plataforma propuesta es necesaria una infraestructura de red que soporte la comunicación entre los diferentes subsistemas que componen este proyecto. Esta comunicación se puede realizar mediante el uso de una línea de Internet o bien empleando una red Ethernet de área local, para el funcionamiento del sistema.



Fig.7. Instalaciones del Invernadero en el Centro Regional

En el diagrama presentado abajo (Fig.8) se puede apreciar los subsistemas que componen el proyecto y la interconexión entre los distintos elementos. Aquellos componentes cuya flecha sigan ambos sentidos, indican que existe una comunicación de entrada y de salida de datos. Las flechas con una sola dirección representan los flujos de datos hacia el elemento

terminal adjunto a la placa Arduino, ya sean datos de entrada o acciones de salida.



Fig.8. Conexión entre los diferentes elementos del sistema

El actuador para el control del mecanismo de riego puede recibir órdenes desde el panel de control instalado en el invernadero, desde la página web y la aplicación móvil.

Los sensores y actuadores se comunican con la placa Arduino a través de los cables de conexión en las diferentes entradas y salidas que posee la placa. Se emplea un sensor DHT11 para la captura los datos de las variables climáticas de temperatura y humedad dentro del invernadero.

El esquema de programación Arduino (Fig.9) está compuesto por cuatro módulos que agrupan diferentes procedimientos y tres de los cuales se ejecutan infinitamente. La inicialización agrupa la declaración de los pines de entrada/salida y no es invocado posteriormente, la lectura de los sensores agrupa las señales de muestreos y envía la información hasta la página web.

La recepción de órdenes insta las declaraciones en el código PHP, las acciones de configuración, consulta y obtención de la dirección IP del servidor. Estos códigos están configurados para hacer la conexión de la base de datos que mostrará los resultados ya sea en la interfaz de la aplicación web o la aplicación móvil.

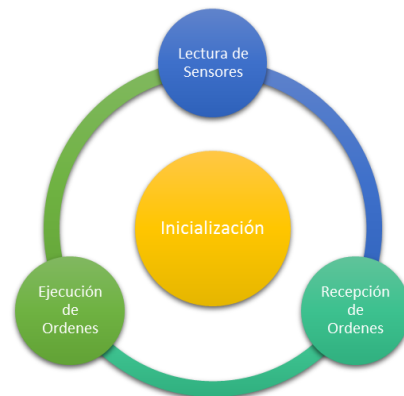


Fig.9. Arquitectura interna del sistema Arduino

El servidor será capaz de responder peticiones HTTP provenientes de la página web y evaluar la condición de la variable de encendido o apagado de riego, enviando las ordenes a través del código PHP al Arduino y activar o desactivar los mecanismos de riego.

Como ya se explicó, la función principal de la página web (Fig. 10-a) es servir de plataforma visual para que el usuario pueda conocer de manera gráfica (Fig.10-b) la información suministrada por los sensores y valorar el desarrollo de los cultivos dependiendo de las condiciones climáticas del interior del invernadero. Al ser una página web creada de forma dinámica mediante el lenguaje PHP, se ofrece al usuario la posibilidad de comprobar esta información desde cualquier lugar donde se disponga de un navegador web y conexión a Internet.



a.)



b.)

Fig.10. a) Interfaz Web de la plataforma. b). Gráficas de datos en tiempo real.

La implementación de una aplicación móvil dentro de la plataforma abre la posibilidad de monitorear en tiempo real las condiciones climáticas del invernadero o huerto casero. Además, brinda la posibilidad de controlar el mecanismo de riego para garantizar las condiciones climáticas adecuadas a los cultivos de forma ubicua. El acceso a la telefonía móvil en países de América Latina tiene una penetración estimada de setecientos cincuenta millones de conexiones para el año 2015 y una penetración del ancho de banda móvil con casi un tercio de mil millones de suscriptores para el mismo periodo según el reporte: Observatorio Móvil de América Latina [32].

Estos datos nos indican que el acceso a la telefonía móvil ha alcanzado las grandes ciudades pero también las zonas rurales apuntando a cerrar la brecha digital. En esta dirección, la plataforma considera la tecnología móvil como una herramienta de fácil acceso para monitorear y controlar las condiciones climáticas en los invernaderos y huertos caseros sin representar, en la mayoría de los casos, un incremento de los costos de la plataforma, ya que esta tecnología existe en los hogares de zonas urbanas y rurales.

En la figura 11, se presenta una captura del prototipo de la aplicación móvil mostrando información de las variables de humedad y temperatura en el interior del invernadero.



Fig.11. Interfaz de usuario de la aplicación Android ABACPA que se ejecuta en un dispositivo móvil.

V. CONCLUSIÓN

En el artículo se presenta la plataforma ABACPA, como alternativa de automatización de invernaderos y huertos caseros con herramientas de software y hardware de bajo costo.

Con el desarrollo y prueba del prototipo de la plataforma ABACPA se puede demostrar que:

- ✓ La plataforma, basada en la tecnología Arduino es capaz de monitorear variables ambientales en el interior de un invernadero. Además, permite controlar, en tiempo real, mecanismos de riego instalados.
- ✓ ABACPA es una plataforma de bajo costo comparado a otras tecnologías comerciales. Esta tecnología estaría dirigida a apoyar soluciones enfocadas en la seguridad alimentaria de los hogares, de organizaciones comunitarias, escuelas, entre otras. Al dotar de un microclima adecuado en estructuras caseras tales como invernaderos y huertos, se logra un incremento en la producción de hortalizas, una mejor calidad de la cosecha, un control adecuado de plagas y enfermedades en los cultivos, y la posibilidad de

cosechar productos frescos y libres de contaminación durante todo el año.

- ✓ Otro importante objetivo de la plataforma ABACPA es optimizar el consumo del agua dentro de la agricultura de subsistencia. El agua es un recurso limitado y las tareas agrícolas representa una de las actividades que mayor consumo de agua requiere. La plataforma ABACPA permite monitorear, en tiempo real, las condiciones climáticas y sólo cuando sea necesario se activan los mecanismos de riego y climatización para garantizar el microclima adecuado en las instalaciones de cultivo.
- ✓ La plataforma ABACPA, apunta a fortalecer las estrategias de los gobiernos a través de la agricultura de subsistencia como mecanismo para garantizar la seguridad alimentaria de la población. Al obtener un incremento de las cosechas y la posibilidad de cosechar en cualquier periodo del año garantiza que la población tenga alimentos suficientes y una dieta saludable, y sea la propia población quien garantice sus alimentos con ayuda de las nuevas tecnologías y la innovación.

La plataforma está en etapa de desarrollo programando los módulos de monitoreo de humedad en suelo de las plantas, así como la intensidad de luz en el interior de la estructura. En estos momentos la plataforma realiza las tareas de monitoreo de temperatura y humedad ambiental en el interior del invernadero. Desde su puesta en marcha se ha podido recoger información a lo largo de 3 meses aproximadamente, para iniciar el análisis de las variaciones climáticas en el interior del invernadero y determinar nuevos equipos que permitan adecuar el clima en el interior del invernadero para una variedad de cultivos.

RECONOCIMIENTO

Se realiza especial agradecimiento al Centro Regional de Veraguas, Universidad Tecnológica de Panamá por facilitar las instalaciones para el desarrollo del proyecto propuesto.

REFERENCIAS

- [1] M. Flores, “Expertos de la FAO dicen ‘batalla’ contra el hambre en América Latina ‘no está terminada’ - listindiario.com,” *EFE*, San Salvador, 28-Sep-2014.
- [2] “Instituto de Mercadeo Agropecuario - Noticias - :::” [Online]. Available: <http://www.ima.gob.pa/noticias.aspx?code=VARI3589&lang=sp>. [Accessed: 06-Apr-2015].

- [3] “Arduino - HomePage.” [Online]. Available: <http://www.arduino.cc/es/pmwiki.php?n=>. [Accessed: 06-Apr-2015].
- [4] “Control Ambiental en el vivero,” *Viveros II*, pp. 77–83, 2006.
- [5] J. Montero, C. Stanghellini, and N. Castilla, “Invernadero para la Producción sostenible en áreas de clima de inviernos suaves.,” *Revista Horticultura Internacional*, Oct-2008.
- [6] P. Espinosa, R. Gutiérrez, and L. M. Espinosa, “El huerto familiar,” México.
- [7] “Agricultura en Ambiente Controlado, Nuevo Paradigma de la tecnología.,” *April*, 4, 2015. [Online]. Available: <http://laila03.wix.com/icceapanama-esp#!Agricultura-en-Ambiente-Controlado-Nuevo-Paradigma-de-la-tecnologia/c1ep9/5520875a0cf2aa181181f039>. [Accessed: 07-Apr-2015].
- [8] Siete24.mx, “Agricultura en ambiente controlado,” 2015. [Online]. Available: <http://laila03.wix.com/icceapanama-esp#!Agricultura-en-ambiente-controlado-paradigma-de-la-tecnologia/c1ep9/55206add0cf21d84af7a4910>. [Accessed: 07-Apr-2015].
- [9] “Tecnología Agrícola Panamá,” Panamá, 2008.
- [10] “Nuevo invernadero en Cerro Punta inaugura el IDIAP.” [Online]. Available: <http://www.idiap.gob.pa/index.php/notas-prensa/96-nuevo-invernadero-en-cerro-punta-inaugura-el-idiap>. [Accessed: 07-Apr-2015].
- [11] “Arduino - Home.” [Online]. Available: <http://www.arduino.cc/es/pmwiki.php?n=>.
- [12] R. Salazar, J. Carlos, and C. I. Pinzón, “Irrigation System through Intelligent Agents Implemented with Arduino Technology Intelligent Agents,” *Adv. Distrib. Comput. Artif. Intell. J.*, vol. 1, no. 6, pp. 29–36, 2013.
- [13] R. V. Varela, “Automatización de Invernaderos.” [Online]. Available: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1710pub.pdf>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [14] “Mini Sistemas de Riego : :: Hydro Environment .:” [Online]. Available: http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=index&cPath=6_41. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [15] I. M. M, “Automatización de Invernaderos, Biorand S.L.” [Online]. Available:

- <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1710/pub.pdf>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [16] G. W&s, "Monitorizacion." [Online]. Available: <http://www.grupows.es/index.php/layout/left-innerleft-center/monitorizacion>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [17] "Arduino - HomePage." [Online]. Available: <http://www.arduino.cc/es/pmwiki.php?n=>. [Accessed: 08-Apr-2015].
- [18] J. Enokela and T. Othoigbe, "An Automated Greenhouse Control System Using Arduino Prototyping Platform," *Aust. J. Eng. Res.*, vol. 2, no. 2.
- [19] D. M. Faris and M. B. Mahmood, "Data Acquisition of Greenhouse Using Arduino," *J. Babylon Univ. Appl. Sci.*, vol. 22, no. 7, 2014.
- [20] M. Shaker and A. Imran, "Greenhouse Micro Climate Monitoring Based on WSN with Smart Irrigation Technique," *Int. J. Electr. Comput. Electron. Commun. Eng.*, vol. 7, no. 12, 2013.
- [21] Y. Quansheng, D. Meiyong, Z. Tianshun, W. Honggang, and L. Shaokun, "An Wireless Collection And Monitoring System Design Based On Arduino," *Adv. Mater. Res.*, vol. 971–973, 2014.
- [22] H. Singh, S. Parvanda, S. Ranjan, and D. Singla, "Remote Sensing in Greenhouse Monitoring System," *Int. J. Electron. Commun. Eng.*, Apr. 2015.
- [23] "Arduino - ArduinoBoardYun." [Online]. Available: <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun?from=Products.ArduinoYUN>. [Accessed: 24-Apr-2015].
- [24] Arduino, "Arduino - ArduinoBoardYun," 2014. [Online]. Available: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun?from=Main.ArduinoYUN>.
- [25] "Arduino - ArduinoBoardLeonardo." [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo>. [Accessed: 30-Jun-2015].
- [26] "Opiron Electronics Todo sobre los sensores DHT11 y DHT22 by Opiron - Opiron Electronics." [Online]. Available: <http://www.opiron.com/portfolio/todos-sobre-los-sensores-dht11-dht22-by-opiron-2>. [Accessed: 08-Apr-2015].
- [27] "Midiendo temperatura y humedad con Arduino y el sensor DHT11 | Internet de las Cosas." [Online]. Available: <http://www.internetdelascosas.cl/2014/07/08/midiendo-temperatura-y-humedad-con-arduino-y-el-sensor-dht11/>. [Accessed: 08-Apr-2015].
- [28] "Relé - Relay - Relevador (interruptor operado magnéticamente) | Electrónica Unicrom." [Online]. Available: http://unicrom.com/Tut_relay.asp. [Accessed: 08-Apr-2015].
- [29] "HTML5 - HTML | MDN." [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/es/docs/HTML/HTML5>. [Accessed: 08-Apr-2015].
- [30] "phpMyAdmin." [Online]. Available: http://www.phpmyadmin.net/home_page/index.php. [Accessed: 08-Apr-2015].
- [31] "Android Estudio Resumen | Desarrolladores de Android." [Online]. Available: <http://developer.android.com/tools/studio/index.html>. [Accessed: 28-Apr-2015].
- [32] C. (Mark Page, Partner and M. and H.-T. Practice), "Observatorio Móvil de América Latina," 2012.