

Artículo Científico

Diseño de un sistema de monitoreo y control de cámaras de incubación y fructificación para la producción de hongos comestibles y medicinales

Design of system of monitoring and control for incubation and fruiting chambers for the production of edible and medicinal fungi

1. Ysrrael Severino Vargas Montaña
2. Yandira Wermi Molina Peña

RESUMEN

La producción agrícola para consumo humano es el punto de inicio para este proyecto. Actualmente la automatización está presente en muchos rubros, ya que ello conlleva a tener datos cuantificados más confiables y de mayor exactitud que nos ayudan enormemente. Este proyecto se basa fundamentalmente en la adquisición, visualización, almacenamiento de datos y control para una óptima producción.

El presente proyecto pretende aportar a la sociedad una nueva forma de producción agrícola -controlada y monitoreada electrónicamente- y hacer posible que los hongos comestibles sean parte de la dieta alimentaria de la población.

Tradicionalmente, Cochabamba ha sido una región agrícola variada de cereales, tubérculos y hortalizas, entre otros. Sin embargo, la producción de hongos no es parte de la producción agrícola común, dado que los hongos requieren -principalmente en su etapa micelial- condiciones especiales para su fructificación. Es así que es necesario un descenso de temperatura y aumento de humedad relativa elevada e iluminación, pues esto hace que su producción cumpla con ciertas especificaciones. En la actualidad, y gracias a la tecnología, se pueden recrear condiciones atmosféricas de manera artificial en ambientes controlados para poder así cultivar hongos comestibles y medicinales.

Palabras clave: Hongos comestibles y medicinales. Producción agrícola. Control y monitoreo electrónico. Climatización.

ABSTRACT

Agricultural production for human consumption is the starting point for this project. Currently, automation is present in many items, as this leads to have more reliable and more accurate data which help us enormously. This project is mainly based on the acquisition, visualization, data storage and control for optimum production.

This project aims to contribute society a new form of controlled and monitored electronically agricultural production, and make edible mushrooms make part of the population diet.

Traditionally, Cochabamba has been a diverse agricultural region of cereals, tubers and vegetables among others. Since fungi, in their mycelial stage, require special conditions for fruiting, we need a temperature drop, and relative humidity and lighting increasing.

Thanks to technology, you can recreate weather conditions in controlled artificially environments and growing edible and medicinal mushrooms.

Keywords: Edible and Medicinal Mushrooms. Agricultural production. Electronic control and monitoring. Air conditioning.

1. Ingeniero Electrónico, Universidad del Valle Cochabamba.
erivalo007@gmail.com
2. Ingeniera Electrónica, Universidad del Valle Cochabamba.
molinayandira@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Es diversa la variedad de hongos existentes en la naturaleza, una mayoría tienen aplicaciones agroindustriales, medicinales y también están los que poseen propiedades alimentarias, alucinógenas, tóxicas [1].

Las condiciones naturales en las que crecen los hongos son variadas, inicialmente se necesita de una temperatura constante, aire fresco, poca presencia de humedad relativa y luego -para su fructificación- es necesario ser inducido por un descenso de temperatura, aumento de humedad relativa, iluminación constante y renovación del aire fresco para acelerar su crecimiento, puesto que los hongos exhalan dióxido de carbono al igual que las personas [2].

La oferta de hongos comestibles en Bolivia es muy escasa, sólo se los encuentra en los supermercados, pero no en abundancia ni diversidad, limitándose al champiñón, portobelo y shiitake. Éste último es muy escaso y de gran valor medicinal.

Los invernaderos en Bolivia son muy utilizados para cultivar flores, hortalizas y legumbres; sin embargo, la automatización de invernaderos es muy reducida, los pocos sistemas de automatización han llevado a procesos más eficientes.

El cultivo de hongos es un muy exigente, por lo que se requiere conocer técnicas de control de parámetros que intervengan en la obtención de un ambiente artificial con invernadero (sistema de producción chino).

Antecedentes

Son pocas o casi nada las empresas dedicadas a la producción comercial en Bolivia, tales empresas como NATUREZA (hongo shiitake, La Paz), FUNDACIÓN PASOS (hongos silvestres, Chuquisaca), o emprendedores como Niels Erling Prahm, un investigador danés que se ha consagrado en el cultivo de *Agaricus Blazei* Murill, que tienen la propiedad de aumentar las defensas del cuerpo en un 900%, localizado en el valle tarijeño desde hace más de cinco años [3].

La producción de hongos se realiza en cámaras climatizadas, mejorando de esta manera la cantidad y calidad de los mismos, asegurando la producción constante durante todo el año, sin depender de las condiciones climáticas.

Actualmente, en países industrializados, estas condiciones climáticas artificiales son controladas por sistemas programados que controlan tanto la fase de incubación del micelio, como la fase de fructificación que controla la temperatura en un rango óptimo, humedad relativa alta o baja e iluminación constante [4].

Hay muchos sistemas de control en el mercado norteamericano que son capaces de monitorear las condiciones climáticas en invernaderos. Podemos mencionar algunos como: Windland EnviroAlert, Watchdog wireless Crop Monitor, Sensaphone alarm Dialer, etc. Las características de cada producto van desde controles simples hasta más complicados que incluyen comunicación inalámbrica por redes GSM/GPRS y monitoreo a distancia.

Identificación del problema

Entre las propiedades de los hongos comestibles descritos hasta ahora, sólo unos cuantos han sido para fines alimenticios, ya que contienen el doble de proteínas que los vegetales, además de disponer de los nueve aminoácidos esenciales, cuentan con leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales) y con una alta cantidad de minerales, superando a la carne de pescado.

En el campo medicinal, una parte de los hongos poseen propiedades medicinales que retardan el crecimiento de los tumores, además de antioxidantes, y disminuyen el colesterol en la sangre.

Para la producción de estos hongos es necesario controlar varios de los parámetros ya mencionados anteriormente. Ante la creciente demanda y poca producción de este producto, tanto a nivel alimenticio como medicinal, se hace necesaria la implementación de un sistema que controle eficientemente todos los parámetros requeridos.

Al ser un producto rico en valor nutricional y medicinal, y por no disponer de tecnología adecuada para su producción, es que nos vemos impulsados a desarrollar este sistema de control para producirlo constantemente. Conocemos nuestras limitaciones tecnológicas y por ser un proyecto experimental todavía queda mucho por recorrer en este nuevo campo, siendo el propósito de este proyecto proveer al mercado un producto de excelente sabor, rico en nutrientes y con propiedades medicinales, generando nuevas fuentes de trabajo.

Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control de cámaras de incubación y fructificación para la producción de hongos comestibles y medicinales.

Objetivos Específicos

- Estudiar el proceso de cultivo de hongos, así como los distintos tipos de sistema de control climatizado existentes.
- Diseñar el sistema controlador para cámaras de incubación y fructificación.

- Analizar distintas opciones tecnológicas para los sensores.
- Investigar las tecnologías de control y automatización aplicables a invernaderos con ambiente controlado.
- Implementar un sistema electrónico para el monitoreo remoto de las cámaras de incubación y fructificación utilizando un protocolo de comunicación inalámbrica.
- Elaborar una base de datos y diseñar el sistema de aplicación para el sistema de control.

Aspectos generales sobre hongos comestibles

Los hongos son definidos como “macrofungos con un cuerpo fructífero distintivo que puede ser tanto epigeo como hipógeo”. Constituyen un grupo diverso de organismos unicelulares o pluricelulares que se alimentan mediante la absorción directa de nutrientes. Los alimentos se disuelven mediante enzimas que secretan los hongos; después se absorben a través de la fina pared de la célula y se distribuyen por difusión simple en el protoplasma.

Los hongos, junto con las bacterias heterótrofas y un reducido grupo de otros organismos, constituyen los descomponedores de la biósfera y su actividad es esencial para el continuo funcionamiento de la naturaleza. La descomposición libera dióxido de carbono (CO₂) y aporta compuestos nitrogenados y otros minerales al suelo, en donde ellos pueden ser nuevamente utilizados por las plantas y eventualmente por los animales. Atacan madera, ropa, pintura, plumas, pelos y -de hecho- casi cualquier sustancia. Pueden crecer sobre pan, vegetales, carne y otros productos. Algunos producen toxinas altamente venenosas [5].

Por otra parte, muchos hongos son valiosos desde el punto de vista comercial; por ejemplo, las levaduras que son utilizadas para producir sustancias como el etanol y el dióxido de carbono. Otros son de interés como fuentes de antibióticos, incluyendo la penicilina, además de sus potenciales usos como fuente de proteínas [5].

Antiguamente se pensaba que eran plantas carentes de tallos y de hojas que, en el trascurso de su transformación en organismos capaces de absorber su alimento, habían perdido la clorofila y, con ello, su capacidad para realizar la fotosíntesis [6].

Valor nutricional y composición

Existen numerosas diferencias entre plantas y hongos, tanto a nivel macroscópico como celular. Los hongos carecen de clorofila y de tejidos vasculares especializados. Son organismos eucarióticos y su nutrición es heterótrofa, es

decir, no pueden sintetizar su propio alimento como las plantas.

El contenido de agua en los hongos es de 85 a 90% y el carbón total es el 40 a 50% del peso seco. El contenido de nitrógeno varía entre 2,27 y 5,13% y un análisis de aminoácidos esenciales revela que todos éstos están presentes en altas concentraciones.

Con relación al contenido de grasas, se encuentran en mayores porcentajes los ácidos grasos no saturados, debido a la presencia principalmente del ácido linoleico. El shiitake es una buena fuente de vitaminas, así como de minerales, donde sus cantidades dependen de la edad de la muestra [7].

a) Propiedades medicinales [8]:

- Anti-cáncer: este tipo de hongo posee *Lentinan* que es un agente anti-cáncer. También anti oxidantes, posee vitaminas A, E, C y selenio.
- Anti-infecciones víricas: el shiitake estimula la producción en el organismo de interferón, el cual tiene efectos anti virus.
- Hormona del crecimiento: se ha experimentado que invierte algunos de los factores que causan envejecimiento.
- Reducción del colesterol: gracias a la presencia de la *Eritadenina* y a la parte fibrosa de los hongos que tienen quitina.
- Reducción de la presión arterial.
- Prevención de trombosis.

b) Hongos comestibles [9]:

No existe una regla general para separar los hongos comestibles de aquellos que no lo son, las diferencias entre los hongos comestibles y los venenosos no son fáciles de detectar, lo único que se requiere es consultar a una persona especializada y con experiencia. Generalmente, los conocimientos se transmiten de ancianos a jóvenes en las zonas rurales.

Requerimientos físico-químicos para la producción de hongos comestibles

De forma natural, los hongos son muy exigentes en las condiciones ambientales para su crecimiento. A diferencia de un invernadero tradicional donde - por lo general - hay mayor temperatura, humedad, etc. en la producción de hongos los parámetros necesarios a ser controlados son: temperatura, humedad relativa, renovación del aire, y horas de luz necesarias durante la fructificación.

Para el proceso de incubación de las esporas en el sustrato se requiere una variación de las condiciones climáticas para acelerar su incubación. Por nuestra ubicación geográfica de clima templado, la temperatura debe estar controlada preferiblemente entre 25° y 28 °C y con una humedad relativa alta por el orden de 75 a 85%.

Un factor importante para garantizar el crecimiento y desarrollo óptimo de los hongos es la provisión de un medio ambiente adecuado para su crecimiento, tanto vegetativo como reproductivo. Los factores ambientales que afectan el cultivo incluyen la temperatura, humedad, luminosidad, oxígeno y ventilación [10].

Para asegurar el crecimiento y desarrollo de los hongos es necesario considerar los siguientes factores ambientales [4]:

- **Temperatura:** en los procesos metabólicos de los hongos, todas las reacciones físicas y químicas están controladas por la temperatura; las propias enzimas tienen sus propias temperaturas óptimas de actividad. Cuando las temperaturas son demasiado altas, las moléculas de enzimas pueden desnaturalizarse y perder su viabilidad. Cuando la temperatura es muy baja, la absorción de nutrientes es difícil; la actividad enzimática disminuye y la tasa de respiración se hace más lenta. Estas tasas bajas resultan en una disminución del crecimiento durante la etapa de colonización y fructificación [10].
- **Humedad:** El agua es vital para el crecimiento y la producción de los hongos. Los nutrientes necesitan ser disueltos en agua para su absorción. De igual modo, los desechos metabólicos necesitan ser disueltos en agua para ser eliminados. Se requiere una cantidad apropiada de agua para el metabolismo (tabla N° 1). Es importante proporcionar y mantener el volumen de humedad óptimo para el sustrato en el cultivo. También es importante mantener una Humedad Relativa (H.R.) óptima del aire, acorde a las diferentes fases de crecimiento [10].

Tabla N° 1. Cuadro de humedad del sustrato y requerimientos para shiitake

Estado	Contenido de humedad de sustrato	HR	Condiciones adversas para el crecimiento
Crecimiento micelial	55%	<75%	Humedad<50%, crecimiento lento Humedad>65%, crecimiento débil Humedad>75%, contaminación
Fructificación	50-55%	85-95%	Humedad<30%, difícil de producir hongos Humedad>95%, producción de hongos podridos

Fuentes: W. Chen Alice, 2005 y Royse D. Bahler C, 1985

- **Aire:** Se requiere más oxígeno durante la fase reproductiva. Se necesita un cuarto bien ventilado con aire fresco para el crecimiento vigoroso del micelio que produce dióxido de carbono. Durante la formación del cuerpo de fructificación, los requerimientos de oxígeno son más altos y las concentraciones de dióxido de carbono eliminadas también son más altas. Una buena circulación de aire fresco y una ventilación más frecuente son buenas en la fase reproductiva.

El aire fresco contiene 0,03% CO₂. Concentraciones de CO₂ mayores al 1% inhiben el desarrollo de los cuerpos de fructificación y causan la apertura precoz de los sombreros. A concentraciones elevadas de CO₂ ocurren malformaciones de los hongos. Niveles de CO₂ de 5% inhiben la formación de los cuerpos fructíferos [10].

- **Iluminación:** Se requiere luz para la formación y dispersión de las basidiosporas. El micelio puede crecer en total oscuridad, creciendo mejor bajo luz difusa débil que bajo luz directa, que inhibe el crecimiento micelial. En la oscuridad, el micelio crece 3-4 veces más rápidamente que bajo lux 500. La luz es requerida para la formación de los cuerpos fructíferos. El nivel óptimo de luz es de 50-100 lux de luz difusa durante la fructificación (tabla N° 2) [10].

Tabla N° 2. Cuadro de ambiente correcto para el crecimiento de Shiitake

	Crecimiento del micelio	Inducción de primordios	Desarrollo de frutos
Temperatura	21-27°C	6-21°C	16-27°C
Humedad	95-100%HR	95-100%HR	60-80%HR
Incubación	1-2 meses	5-7 días	5-8 días
CO2	>10000 ppm	<1000 ppm	<1000 ppm
Ventilación	0-1	4-7/hora oxígeno	4-8/hora oxígeno
Iluminación	50-100 lux	500-2000 lux	500-2000 lux

Fuente: Ting H.G., 1994, W. Chen Alice, 2005 y Roysse D. Bahlor C.,1985

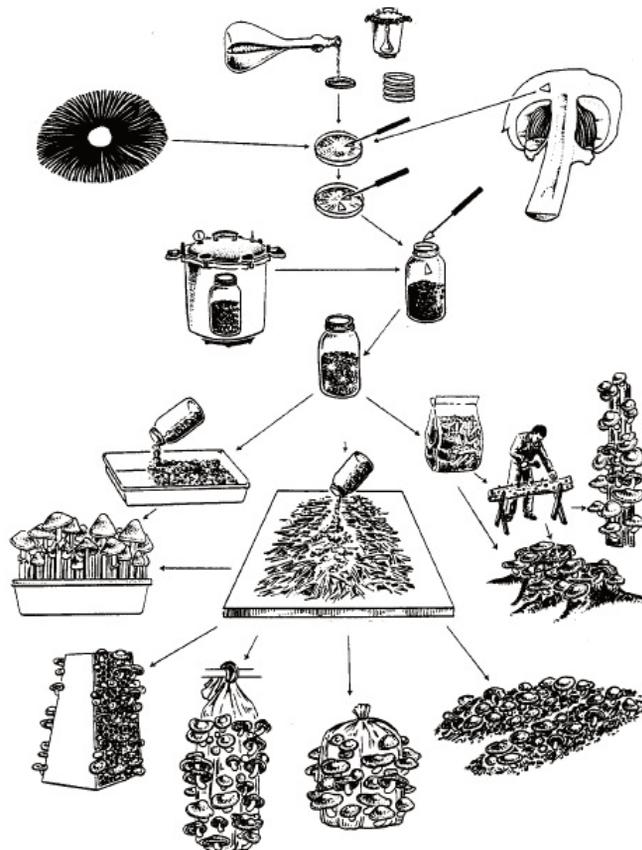
Técnicas de cultivo

Desde hace muchos años se vienen practicando dos tipos de cultivo: el tradicional de manera artesanal y el de manera industrial.

• Cultivo Tradicional

Algunas instalaciones adecuadas para el cultivo del champiñón son cuevas, bodegas, minas, túnel y, en general, todos los sitios oscuros y frescos que reúnan las condiciones ambientales requeridas. Actualmente, existen varios métodos de producción del hongo Shiitake, siendo los más difundidos a nivel mundial el sistema tradicional y el del bloque sintético (figura N° 1) [12] [13].

Figura N° 1. Resumen general de técnicas para la cultivación de hongos



Fuente: Ting H. G., 1994

• Cultivo industrial en naves o cámaras climatizadas

Las técnicas tradicionales se aplican dentro de estas naves, pero a diferencia del cultivo tradicional que usaba la intemperie, estas cámaras climatizadas ofrecen con mayor confiabilidad un medio artificial óptimo durante todo el año.

Una nave de cultivo es una instalación esterilizada que provee las condiciones ideales de temperatura, humedad relativa, iluminación y aire fresco; todo este medio artificial creado para un óptimo desarrollo de los hongos. Este microclima artificial es controlado de forma autónoma por computadoras (figura N° 2).

Figura N° 2. Nave de cultivo en Brasil de hongos comestibles y medicinales



Fuente: W. Chen Alice, 2005

Ingeniería del proyecto**• Descripción general del sistema controlador**

El sistema controlador está conformado por dos partes: una localizada cerca de las cámaras y otra conectada de manera remota a una computadora [14].

El sistema controlador se encargará de monitorear y controlar los parámetros de temperatura, humedad relativa del ambiente, iluminación artificial y renovación del aire de manera autónoma, previamente configurados los parámetros a ser controlados [14] [15].

Una de las partes del sistema controlador está encargado del procesamiento de datos, recojo de señales análogas, conversión de las señales análogas, toma de decisiones envío/recepción de datos, visualización de parámetros en pantalla y actuadores finales que vienen a ser: humidificadores, extractores de aire, iluminación y alarmas del tipo sonora [14] [15].

Otra parte del sistema es el encargado de enlazar de manera inalámbrica desde una computadora con la ventaja de poder editar y comprobar los parámetros de manera más sencilla.

El software desarrollado para la computadora controla, edita y recoge los datos de los parámetros controlados almacenados diariamente para su posterior procesamiento y almacenamiento en una base de datos y posterior registro de los mismos.

Estos datos servirán al usuario para hacer un seguimiento cronológico de las cámaras de incubación y fructificación, para en futuro poder optimizar los procesos en la producción de hongos comestibles u otras aplicaciones, ya que pueden ser utilizados no sólo para este tipo de producción, sino también para otros tipos de cultivos que requieran un control de las variables de temperatura y humedad [14] [15].

• Desarrollo del software de aplicación

Se han seguido los lineamientos del Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP) para el desarrollo del software de aplicación, utilizando el Lenguaje de Modelado Unificado (UML), representándose todos en un esquema de software de acuerdo a los modelos descritos por RUP [16] [17] [18] [19].

HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS

Las herramientas que se utilizarán para el desarrollo e implementación del proyecto harán uso de los siguientes elementos mostrados en la tabla.

Tabla N° 3. Especificación del Software

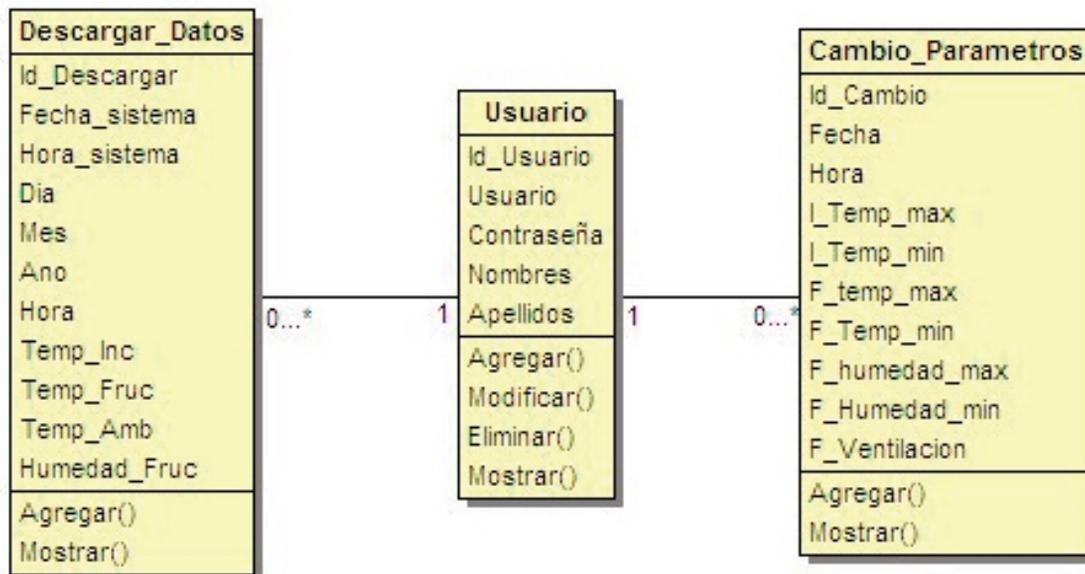
Software	
Sistema Operativo	Windows XP en adelante
Lenguaje de Programación	Visual Basic 6.0 Microsoft Access 2007

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Diseño de la base de datos

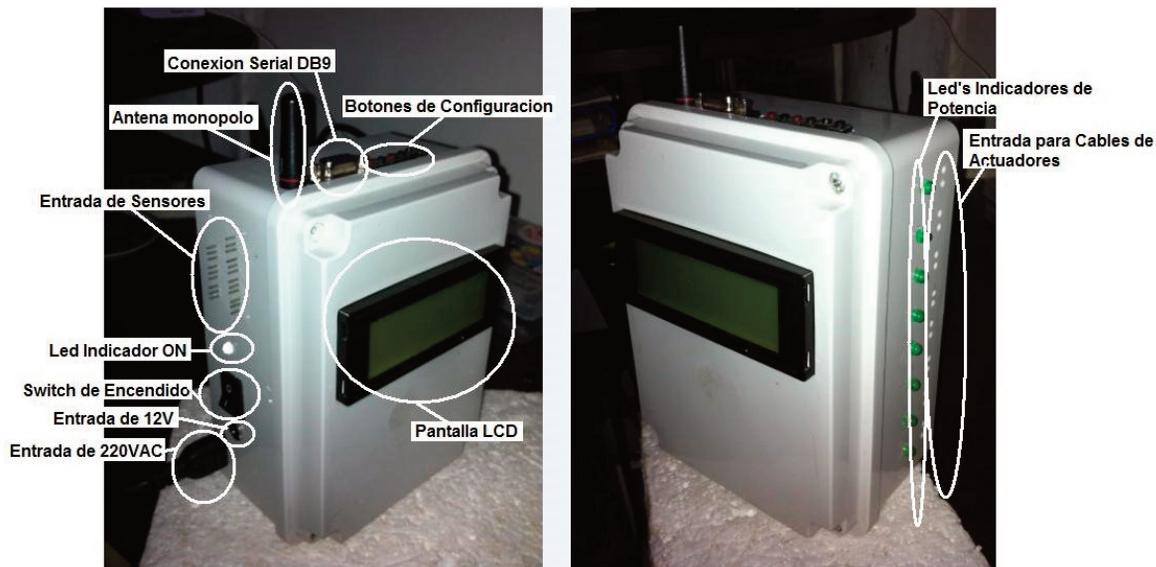
a) Diagrama de clases: la tabla consta de los atributos y operaciones necesarias para el funcionamiento del sistema.

Figura N° 3. Diagrama de clases



Fuente: Elaboración propia, 2015.

Figura N° 4. Sistema de control y monitoreo desarrollado



Fuente: Elaboración propia, 2015.

b) Estándar inalámbrico ZigBee 802.15.4: ZigBee es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por la ZigBee Alliance. No es una tecnología, sino un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante. ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

Algunas de las características que poseen los módulos ZigBee son:

- ZigBee opera en las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical) de 2.4.
- GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos).
- Tiene una velocidad de transmisión de 250 Kbps.
- Su desempeño no se ve afectado a pesar de coexistir en la misma frecuencia con otro tipo de redes como WiFi o Bluetooth, esto debido a su baja tasa de transmisión y a características propias del estándar IEEE 802.15.4.
- Capacidad de operar en redes de gran densidad, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación, ya que entre más nodos existan dentro de una red - entonces- mayor número de rutas alternas existirán para garantizar que un paquete llegue a su destino.
- Cada red ZigBee tiene un identificador de red único, lo que permite que coexistan varias redes en un mismo canal de comunicación sin ningún problema.
- Teóricamente, pueden existir hasta 16 000 redes diferentes en un mismo canal y cada red puede estar constituida por hasta 65 000 nodos, obviamente estos límites se ven truncados por algunas restricciones físicas (memoria disponible, ancho de banda, etc.).

CONCLUSIONES

•Después de haber estudiado cómo es el ciclo vital de los hongos, se ha llegado a la conclusión que:

a) Para obtener óptimos resultados se deben dar las condiciones de temperatura, humedad, aireación e iluminación adecuadas, ya que si se descuida uno de estos factores, la producción de hongos se ve afectada.

- El diseño del sistema de control para las cámaras de incubación y fructificación se deben contar con parámetros controlados, principalmente en el proceso de incubación y fructificación de los hongos, esto permitirá reducir en gran medida los daños ocasionados por las malas condiciones que se puedan presentar.

- Actualmente existen tecnologías de control y automatización para ambientes controlados; sin embargo, en Bolivia esta tecnología poco aplicada y/o está orientada a algunos invernaderos específicos. Con el perfeccionamiento de este sistema de control será posible contar con una nueva forma de cultivo en ambientes controlados.

- Fue posible implementar un módulo de transmisión por radiofrecuencia bidireccional permitiendo el enlace y control inalámbrico, la cual funcionó adecuadamente sin presentar ningún problema en su procesamiento y verificación a una distancia de 50m. Este tipo de enlace permitirá la integración de varias cámaras de fructificación y ofrecerá en detalle la información de cada una de las naves de cultivo.

- Considerando los requerimientos del sistema realizado, fue diseñada una base de datos, la cual es capaz de almacenar diversos parámetros.

RECOMENDACIONES

Un aspecto muy importante a tomar en cuenta es la higiene antes, durante y después del proceso de producción de hongos, ya que, si no se toma en cuenta algunos de estos parámetros, su producción podría ser afectada.

Si se desea lograr un alcance mayor en cuanto a RF, se debe cambiar los módulos XBEE con las características deseadas, ya que para mayores distancias de enlace los módulos de RF XBEE ofrecen hasta distancias de 45km.

Se recomienda la utilización sensores que tengan una respuesta lineal y de respuesta rápida para la toma de datos. Así como también tomar en cuenta la protección de las placas PCB, evitar su exposición excesiva a la humedad, calor y agua excesiva para evitar cortocircuitos producidos por causa de lo anteriormente mencionado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CHIHARA, G., Mushroom Biology, Concise basics and current developments. Singapore, 2010.
- [2] TING, H. G., New technology on high speed and high yield cultivation of shiitake. Beijing, China 1994.
- [3] CORTEZ, JOSÉ. Tarija los produce: Hongos que aumentan las defensas en 900%, diario los tiempos Cochabamba, 27 de diciembre 2009
- [4] W. CHEN, ALICE, ¿Que es el shiitake?. Shiitake mushroom cultivation 2005.
- [5] SILVA S., Ricardo, Manual para la producción de hongos comestibles (shiitake), Santiago de Chile, 2010.
- [6] El hongo Reishi: "Medicina de reyes". Traducido por el Ing. Juan J. Arzac G., de: Reishi Mushroom: "The Medicine of Kings", issue of VRP's Nutritional News, Enero, 1997.
- [7] PEDREROS, JUAN. Evaluación del crecimiento y producción de lentinula edodes (Shiitake), en residuos agroindustriales. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá 2007
- [8] DE UÑA Y VILLAMEDIANA, JOSÉ, Hongos medicinales. Revista micológico abril 2006.
- [9] LÓPEZ, ARMANDO, Manual de producción de micelio de hongos comestibles, Universidad Veracruzana, México 2007.
- [10] GAITAN-HERNANDEZ, RIGOBERTO. Manual práctico del cultivo de setas aislamiento, siembra y producción, Instituto de ecología A.C., México 2006.
- [11] ROYSE, D. BAHLER C. Effects of genotype, spawn run time, and substrate formulation on biological efficiency of shiitake. Applied and environmental Microbiology. 1985.
- [12] MEDINA, RUBÉN, Mercado de Hongos Exóticos en Chile, http://www.micoteconline.com/Mercado_Hongos.pdf. (6 de febrero 2014)
- [13] TORRES, M. G. 2003. Potencial de la microbiología nativa, comestible y medicinal en el municipio de Quibdo. Investigadora asociada. Universidad Tecnológica del Chocó.
- [14] OGATA, K. Tema 1: Introducción a los sistemas de control. Ed. Prentice-Hall, Ingeniería de Control Moderna. web.usal.es/~sebas/TEORIA/TEMA1-REGULACION.pdf, 2003.
- [15] PRESUMAN ROGER, Ingeniería de Software, Macgraun Hill, 2003.
- [16] SEBINULLER JOSEPH. "Aprendiendo UML en 24 Hrs.", Prentice Hall, 2000.
- [17] BODINGTON, CHRISTIAN, Basic para microcontroladores pic, 2004.
- [18] ANGULO Y OTROS, Microcontroladores PIC, Diseño de aplicaciones, McGraw Hill 2001.

[19] TAVERNIER, Microcontroladores PIC, Editorial Paraninfo 2000.

[20] ROGER S. Pressman 2003, Ingeniería del Software un Enfoque Práctico, Quinta Edición, 1998

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Carrasco, Ing. Karina, Estimación de costos, febrero, 2014.
- González V., José, Introducción a los microcontroladores, McGraw Hill, 2001.
- Jacobson/Booch/Rumbauch El lenguaje Unificado de Modelado, Manual de Referencia Jacob, 2000
- Ortega Cintya, Texto de Apoyo – Base de Datos I, Bolivia, Univalle, 2005.
- Solomon, E.P. Berg, L.R. Martin, D. W. Villed, Biología de villee, McGraw-Hill, México 1996