

ISSN 2531-2960

Volumen 3, Número 9 — Enero — Marzo - 2019

Revista del Desarrollo Tecnológico



ECORFAN-Spain

Editor en Jefe

BANERJEE, Bidisha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista del Desarrollo Tecnológico, Volumen 3, Número 9, de Enero a Marzo 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Morazarzal -Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: BANERJEE, Bidisha. PhD. ISSN: 2531-2960. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLABOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado el 31 de Marzo del 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Centro Español de Ciencia y Tecnología

Revista del Desarrollo Tecnológico

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista del Desarrollo Tecnológico es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Spain, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD
Academia de Ciencias de Polonia

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD
Center of Research in Mathematics

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD
University of Southampton

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD
Centro de Microelectrónica de Barcelona

NAZARIO - BAUTISTA, Elivar. PhD
Centro de Investigacion en óptica y nanofisica

MAYORGA - ORTIZ, Pedro. PhD
Institut National Polytechnique de Grenoble

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD
Université des Sciencies et Technologies de Lille

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD
Universidad Central del Ecuador

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

Comité Arbitral

GONZÁLEZ - REYNA, Sheila Esmeralda. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

PALMA, Oscar. PhD
Instituto Tecnológico de Conkal

CORTEZ - GONZÁLEZ, Joaquín. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

BAEZA - SERRATO, Roberto. PhD
Universidad de Guanajuato

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD
Universidad de Guadalajara

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Samuel. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

CASTAÑÓN - PUGA, Manuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

BAUTISTA - SANTOS, Horacio. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CRUZ - BARRAGÁN, Aidee. PhD
Universidad de la Sierra Sur

CASTILLO - TOPETE, Víctor Hugo. PhD
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista del Desarrollo Tecnológico emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de desarrollo tecnológico, tecnología digital, impacto tecnológico, enseñanza con ayuda de ordenador, fiabilidad de los ordenadores, heurística, informática, instrucciones aritméticas de máquina, inteligencia artificial, lenguajes algorítmicos, lenguajes de programación y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (Solanum lycopersicum var. saladette)*, por DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena, LOPEZ SERRANO, Salomón y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, como segundo artículo presentamos, *Implementación de Aplicaciones Informáticas en la Industria Agrícola del Aguacate*, por OCHOA-ORNELAS, Raquel, FAJARDO-DELGADO, Daniel, SÁNCHEZ-CERVANTES, María Guadalupe y OSORNIO-MENDOZA, Jonathan, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, como tercer artículo presentamos, *Metodología para programar procesos con relevadores inteligentes*, por CÓRDOVA-ESCOBEDO, Jesús Fausto, TREJOMOLINA, Francisco de Jesús, SALMERON-ORTIZ Mario Raúl y MENDOZA-GONZALEZ, Felipe, con adscripción en la Universidad Veracruzana, como último artículo presentamos, *Desarrollo de películas comestibles para la conservación de hongos (Pleurotus sp)*, por ESTRADA-GARCIA, Israel, LAGUNES-OLIVARES, Francisca, AVILA-BADILLO, Filimon y RAMIREZ-DEL ANGEL, Leslye Sanjuana, con adscripción en la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense.

Contenido

Artículo	Página
Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> var. saladette) DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena, LOPEZ SERRANO, Salomón y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando <i>Instituto Tecnológico Superior de Huatusco</i>	1-12
Implementación de Aplicaciones Informáticas en la Industria Agrícola del Aguacate OCHOA-ORNELAS, Raquel, FAJARDO-DELGADO, Daniel, SÁNCHEZ-CERVANTES, María Guadalupe y OSORNIO-MENDOZA, Jonathan <i>Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán</i>	13-23
Metodología para programar procesos con relevadores inteligentes CÓRDOVA-ESCOBEDO, Jesús Fausto, TREJO-MOLINA, Francisco de Jesús, SALMERON-ORTIZ Mario Raúl y MENDOZA-GONZALEZ, Felipe <i>Universidad Veracruzana</i>	24-25
Desarrollo de películas comestibles para la conservación de hongos (<i>Pleurotus</i> sp) ESTRADA-GARCIA, Israel, LAGUNES-OLIVARES, Francisca, AVILA-BADILLO, Filimon y RAMIREZ-DEL ANGEL, Leslye Sanjuana <i>Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense</i>	36-40

Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* var. saladette)

Hydroponic substrate effects on the physicochemical and physiological attributes of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* var. 'saladette')

DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés^{1†*}, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena¹, LOPEZ SERRANO, Salomón² y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando³

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco-Tecnológico Nacional de México. ¹Programa de Maestría en Ingeniería, ²División de Ingeniería en Industrias Alimentarias, ³Tesista del Programa de Ingeniería en Industrias Alimentarias Av. 25 Poniente No.100 Col. Reserva Territorial. C.P. 94100. Huatusco, Veracruz, México.

ID 1^{er} Autor: Oscar Andrés, Del Angel-Coronel / ORC ID: 0000-0002-0848-907X, CVU CONACYT ID: 226585

ID 1^{er} Coautor: Magdalena, Jimenez-Hernandez / ORC ID: 0000-0003-1988-5753, CVU CONACYT ID: 904566

ID 2^{do} Coautor: Salomón, Lopez Serrano

ID 3^{er} Coautor: Jairo Armando, Lopez Rojas

DOI: 10.35429/JTD.2019.9.3.1.12

Recibido: 10 de Enero, 2019; Aceptado 30 de Marzo, 2019

Resumen

Objetivos, metodología: En este trabajo se estudió el efecto del tipo de sustrato sobre los parámetros fisicoquímicos y fisiológicos de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*) tipo saladette hidropónico. Se evaluaron 14 sustratos hidropónicos de origen mineral, orgánico y mezclas de los mismos con la finalidad de seleccionar los sustratos que puedan satisfacer las necesidades u objetivos deseados por el productor y permitiéndole al consumidor conocer un fruto con una mejor calidad reflejada por sus propiedades fisicoquímicas como son rendimiento, tamaño, color, sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable, firmeza, tasa de producción de etileno y CO₂. Contribución: Sustratos como el tezontle, tepezil y cascarilla de café resultan favorables en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*) tipo saladette hidropónico beneficiando algunos de sus parámetros de calidad, siendo las opciones más factibles para el productor y para el consumidor. Sustratos como el tezontle con composta, tepezil con lombricomposta, bagazo de caña con composta, cascarilla con lombricomposta y cascarilla con composta son otras opciones a considerar para el cultivo; mientras que la lombricomposta, bagazo, tepezil con lombricomposta, tepezil con composta y bagazo con lombricomposta influyen en menor magnitud sobre la en su mayoría los parámetros de calidad del fruto.

Jitomate hidropónico, Sustratos hidropónicos, Calidad postcosecha de frutos

Abstract

Objectives, methodology: In this paper we evaluate the effect of the substrate type on the physicochemical and physiological parameters of tomato fruits (*Solanum lycopersicum*) type hydroponic saladette. Fourteen hydroponic substrates of mineral origin were evaluated, and mixtures of the same with the aim of selecting substrates that can satisfy the needs or objectives desired by the producer and allowing the consumer to know a fruit with a better quality reflected by its physicochemical properties such as yield, size, colour, total soluble solids (°Brix), titrated acidity, firmness, ethylene and CO₂ production. Contribution: Substrates such as tezontle, tepezil and coffee husk are favorable in the cultivation of tomato (*Solanum lycopersicum*) type hydroponic saladette benefiting some of its quality parameters being the most feasible options for the producer and the consumer. Substrates such as the tezontle with compost, tepezil with vermicompost, sugarcane bagasse with compost, coffee husk with vermicompost and coffee husk with compost are other options to consider for cultivation; while the vermicompost, sugarcane bagasse, tepezil with vermicompost, tepezil with compost and sugarcane bagasse with vermicompost, were the least efficient treatments, reducing the fruit quality parameters.

Hydroponic tomato, hydroponic substrates, Postharvest quality of fruits

Citación: DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena, LOPEZ SERRANO, Salomón y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando. Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* var. saladette). Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-9: 1-8

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: oscardelangel.coronel@itshuatusco.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El jitomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas más importantes en la alimentación y de mayor valor económico en el mundo por su alto volumen de mercado, altos índices de producción y por su alta demanda como uno de los principales frutos de la canasta básica al consumirse en estado fresco o como producto industrializado (Ortega et al., 2010).

En la producción de jitomate, China ocupa el primer lugar como productor con 59,514,773 millones de toneladas; India el segundo con 20,708,000 millones de toneladas y Turquía el tercero con 12,750,000 millones de toneladas mientras que México ocupa el noveno lugar con 4,243,058 millones de toneladas (SAGARPA, 2010) (SIAP, 2017).

Desde la perspectiva nutricional, el jitomate está compuesto mayoritariamente por agua e hidratos de carbono, vitamina C, vitamina E, provitamina A (β -caroteno), vitaminas del grupo B (B1 y B3), minerales (K y P), y licopeno; un antioxidante y pigmento que le aporta su color rojo característico (Sañudo, 2013).

Cuando el jitomate se produce en campo abierto hay factores que influyen en el desarrollo del cultivo como los cambios de temperatura, la deficiencia o exceso de agua, el exceso de plagas y los suelos mal drenados por lo cual se ha optado por ser producido en invernadero.

Al ser producido en invernadero existen diferentes técnicas para el cultivo de jitomate entre las cuales se encuentra la hidroponía, donde el sistema radicular de la planta se desarrolla sin suelo, o sea, usando agua o sustratos inertes para proporcionarle agua, minerales y oxígeno suficientes para su óptimo desarrollo (De la Rosa et al., 2015). Por tanto, el sustrato se considera como uno de los principales factores que determina el éxito o fracaso de un cultivo, por proporcionar el medio donde se desarrollan las raíces, siendo de origen mineral o de origen orgánico, sujetos a descomposición biológica de plantas, granos, árboles o subproductos (Intagri, 2009).

De acuerdo con Baldomero (2007), el sustrato se define como cualquier material natural, sólido, residual, mineral u orgánico en forma pura o mezcla que permite el anclaje del sistema radicular y tiene un papel de soporte interviniendo negativa o positivamente en el proceso de nutrición vegetal de la planta. Por tal motivo, la calidad de la planta y el fruto pueden ser afectados por el sustrato, particularmente en sus propiedades fisicoquímicas. Por otra parte, una adecuada elección del sustrato permite al productor optimizar recursos como agua, nutrientes y reducir costos de producción.

Por todo lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar las propiedades fisicoquímicas en postcosecha de frutos de jitomate cultivados en diferentes sustratos hidropónicos, con el objetivo de definir cuál es el medio hidropónico que aporte mejores resultados en la obtención del rendimiento y calidad del fruto.

Materiales y métodos

Ubicación y establecimiento del experimento

La fase de cultivo del experimento se realizó en un invernadero de 315 m² del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco localizado en el municipio de Huatusco, Veracruz, México. Posterior, en la etapa cosecha, los frutos fueron transportados al laboratorio de la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz (UNIDA-Instituto Tecnológico de Veracruz), donde se realizaron los análisis postcosecha.

Diseño experimental y análisis estadístico de datos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar utilizando 14 tratamientos de sustratos con cuatro repeticiones (ver tabla 1), constituyendo la unidad experimental con dos plantas a las cuales se les evaluó la variable rendimiento y diámetro polar y ecuatorial de fruto (usando el total de frutos de la unidad experimental, separados en ocho fechas de corte). Mientras que para las pruebas fisicoquímicas en laboratorio se utilizaron como unidad experimental tres frutos por tratamiento, con cuatro repeticiones; y para las pruebas fisiológicas solo se evaluó un fruto por tratamiento con sus respectivas cuatro repeticiones.

Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de un solo factor y prueba de comparación de medias de Fisher ($P \leq 0.05$) con ayuda del programa estadístico de computo Minitab v.16 y Sigma Plot v.14.

No.	Tratamiento
1	Tezontle
2	Tepezil
3	Lombricomposta
4	Composta
5	Bagazo
6	Cascarilla de café
7	Tezontle y Lombricomposta
8	Tezontle y Composta
9	Tepezil y Lombricomposta
10	Tepezil y Composta
11	Bagazo y Lombricomposta
12	Bagazo y Composta
13	Cascarilla y Lombricomposta
14	Cascarilla y Composta

Tabla 1 Tratamientos de sustratos hidropónicos

El fruto utilizado fue jitomate tipo 'saladette' en estado de madurez de consumo, donde más del 90% de la superficie del fruto se presenta en color rojo.

VARIABLES EVALUADAS

Pruebas físicas

- Rendimiento:** Fue determinado utilizando una báscula digital Torrey® con capacidad de 40 kg de acuerdo al corte habitual de los frutos, reportando los resultados en kg/planta.
- Medición del diámetro ecuatorial y polar del fruto:** Se utilizó un calibrador vernier digital con la unidad de medida en milímetros tomando las dimensiones de ancho y alto.
- Medición del color en cascara:** La medición fue realizada con un colorímetro MiniScan™ XE Plus, con tipo de fuente iluminante estandarizada D65. Se tomaron los valores de L^* , a^* y b^* en las zona basal, media y proximal del fruto; con los valores se calculó el ángulo de tono o matiz ($^{\circ}Hue$) y la saturación o intensidad del color (croma) con las siguientes formulas: $^{\circ}Hue = \tan^{-1} b^*/a^*$ y $Croma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.

Mientras que la luminosidad se obtuvo directamente con el colorímetro, (McGuire, 1992; MiniScan™ XE Plus, 1998). Los resultados se exhiben como el cálculo de la intensidad de luz ($L = \%$ de luz reflejada; donde 100% es completamente blanco y 0% es completamente negro), a^* representa la intensidad del color verde o rojo y b^* la intensidad del color azul o amarillos.

- Resistencia de la cascara a la penetración:** La medición se realizó en la zona ecuatorial y transversal del fruto con un texturometro digital marca Guss FTA GS 25 aplicando una fuerza de compresión con una punta cónica de cinco milímetros de diámetro obteniendo tres lecturas en kg·F; se multiplico este valor por 9.807 para obtener el resultado de esta variable en Newtons (N).

Pruebas químicas

- Valor de pH:** Se determinó por medición directa en el jugo de la pupa del fruto empleando un potenciometro THERMO-ORION® modelo 5 STAR equipado con un electrodo de combinación de vidrio.
- Acidez titulable:** Se midió con titulaciones potenciométricas con NaOH al 0.1 N usando fenolftaleína como indicador en 1 gr de jugo colocándose en matraces de vidrio de 250 ml, más 50 ml de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína. La cantidad gastada se promedió con el duplicado y se usó una fórmula para calcular el porcentaje de acidez expresado como mili equivalentes de ácido. Cítrico anhidro (AOAC, 1990). Los resultados fueron reportados como porcentaje de ácido cítrico.

$$\% AT = \left[\frac{(mL \text{ g de NaOH})(N \text{ del NaOH})(0.006404)}{1 \text{ gr de jugo}} \right]$$

- Sólidos solubles totales:** Se determinó mediante un refractómetro ABBE® digital (LEICA MARK II) expresando el resultado en $^{\circ}Brix$ como equivalente del contenido de sólidos solubles totales utilizando el jugo extraído de la pulpa del fruto.

Pruebas fisiológicas

- a) Tasa de producción de etileno y CO₂: Se determinó por cromatografía de gases de acuerdo con el método estático (Salveit y Yang, 1987). Se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent modelo 7820A con columna Poraplot Q (#serie USF480715B, USA) de 15 m de largo con un diámetro de 0.32 mm con un flujo de 7 mL/min. Sus condiciones de operación fueron 100 °C en el horno, 150 °C en el inyector y 250 °C en el detector de ionización de flama (FID) y en el detector de conductividad térmica (TCD), usando como gas acarreador nitrógeno (N₂) y para ignición de flama hidrogeno (H₂) y aire comprimido.

Resultados y discusión

Pruebas físicas

Rendimiento

No se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre el rendimiento obtenido de los frutos de cada sustrato tal y como se muestra en la tabla 2, donde se presenta el rendimiento total (kg/planta) de la cosecha de frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico.

Tratamiento	Kg/planta
Tezontle	5.201 ^a
Tepezil	5.141 ^a
Lombricomposta	4.314 ^a
Composta	4.082 ^a
Bagazo	3.894 ^a
Cascarilla de café	3.395 ^b
Tezontle y Lombricomposta	4.821 ^a
Tezontle y Composta	4.529 ^a
Tepezil y Lombricomposta	5.302 ^a
Tepezil y Composta	5.024 ^a
Bagazo y Lombricomposta	4.135 ^a
Bagazo y Composta	3.787 ^a
Cascarilla y Lombricomposta	3.535 ^a
Cascarilla y Composta	4.520 ^a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ($P \leq 0.05$)

Tabla 2 Rendimiento total (kg/planta) de la cosecha de frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

El tratamiento bajo tepezil con lombricomposta, así como tezontle mostraron una tendencia a presentar los mayores valores promedio de rendimiento del fruto (5.302 y 5.201 kg/planta) respectivamente mientras que el tratamiento bajo la cascarilla de café presentó el menor valor promedio (3.395 kg/planta).

El rendimiento es afectado por el número de frutos por planta, el tamaño, el peso medio o peso total de los frutos; los cuales son criterios cuantitativos de la calidad. Los componentes que afectan el rendimiento involucran procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y reproductivo, los cuales se relacionan con la fuente-demanda en diferentes fases del ciclo de vida de la planta (Baldomero, 2007). Los resultados obtenidos del rendimiento total de la cosecha de frutos de jitomate de cada uno de los sustratos hidropónicos evaluados, se muestran en la Figura 1.

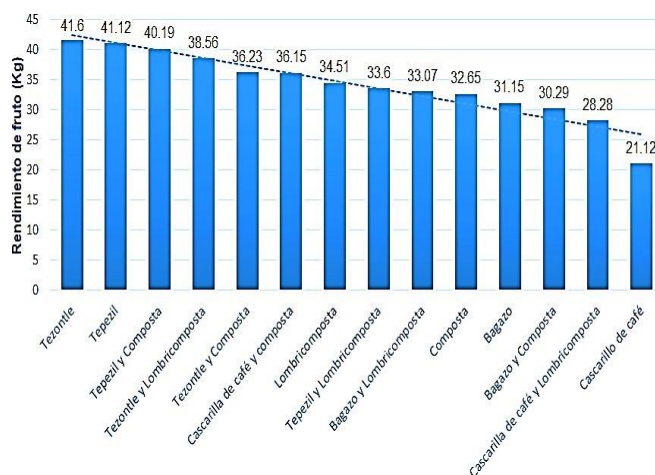


Figura 1 Rendimiento total de la cosecha de los frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

De acuerdo a la figura se observó que los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron el mayor rendimiento con 41.607 kg en total y los frutos bajo la cascarilla de café con 21.128 kg en total, el tratamiento con el menor rendimiento. Para determinar el rendimiento se debe hacer referencia al peso, ya que el rendimiento depende del peso que presenta el fruto. Para el productor, el peso le permite conocer los mejores rendimientos dependiendo del sustrato hidropónico elegido mientras que para el consumidor, el peso que presenta el fruto le permite ser o no aceptado, considerándolo así como un fruto de buena o mala calidad (Ortega, 2010).

El rendimiento puede ser afectado por el periodo de cosecha, control de riegos, la variedad del fruto o de la planta, la cual se puede presentar en variedades de crecimiento determinado y el estrés hídrico antes del corte (5-6 semanas), el cual tiene un efecto negativo sobre el peso y el color de fruto (Zarate, 2007).

Medición del diámetro ecuatorial y polar del fruto

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) tanto en el diámetro ecuatorial como en el diámetro polar del fruto tal y como se muestra en la tabla 3 donde se presenta el diámetro ecuatorial (cm) y diámetro polar (cm) de los frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado. De acuerdo con estos resultados, los frutos del tratamiento bajo la cascarilla con composta presentaron el mayor diámetro polar (6.79 cm) mientras que los frutos del tratamiento bajo el tezontle con composta presentaron el menor diámetro polar (6.13 cm).

En el diámetro ecuatorial, los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron el mayor diámetro ecuatorial (5.23 cm) mientras que los frutos del tratamiento bajo tezontle con composta presentaron el menor diámetro ecuatorial.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)
Tezontle	5.23 ^a	6.57 ^{abc}
Tepezil	5.12 ^a	6.68 ^{abc}
Lombricomposta	4.81 ^{bcd}	6.38 ^{cde}
Composta	4.72 ^d	6.47 ^{bcd}
Bagazo	5.07 ^{ab}	6.77 ^{ab}
Cascarilla de café	4.76 ^{cd}	6.50 ^{abcd}
Tezontle y Lombricomposta	5.11 ^{ab}	6.44 ^{cd}
Tezontle y Composta	4.67 ^d	6.13 ^e
Tepezil y Lombricomposta	5.04 ^{abc}	6.22 ^{de}
Tepezil y Composta	4.81 ^{bcd}	6.44 ^{cd}
Bagazo y Lombricomposta	4.94 ^{abcd}	6.42 ^{cde}
Bagazo y Composta	4.76 ^{cd}	6.58 ^{abc}
Cascarilla y Lombricomposta	5.05 ^{abc}	6.67 ^{abc}
Cascarilla y Composta	4.97 ^{abcd}	6.79 ^a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ($P \leq 0.05$).

Tabla 3 Diámetro polar (cm) y diámetro (cm) de frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico

El tamaño del jitomate es determinado en base al diámetro ecuatorial que presenta, ya que es la primera apreciación al momento de consumir el fruto (Muñoz, 2010).

El tamaño del jitomate es afectado por factores fisiológicos como la maduración, despunte, poda de plantas, defoliación o por factores genéticos, donde su tamaño es variable debido a la variedad o al híbrido alcanzando diámetros de 3 a 16 cm. El tamaño del fruto puede ser afectado además por la temperatura, la actividad fotosintética, el porcentaje de humedad, el CO₂ y la radiación (Casierra et al., 2010).

El jitomate tipo saladette se clasifica en categorías de tamaño chico, mediano, grande y extra grande; El tamaño chico comprende valores aproximados en un diámetro ecuatorial de 2.5 cm y un diámetro polar de 3.4 cm, el mediano comprende valores aproximados de 3.5 cm en el diámetro ecuatorial y 4.4 cm en el diámetro polar, el grande comprende valores aproximados de 4.5 cm en el diámetro ecuatorial y 5.4 cm en el diámetro polar y el extra grande valores aproximados de 5.5 cm en el diámetro ecuatorial y 5.9 cm en el diámetro polar (Gamboa, 2013).

Los frutos de la mayoría de los sustratos evaluados presentaron tamaños de categoría grande y extra grande, lo cual los posiciona como frutos de primera y segunda calidad.

El tamaño del jitomate puede aumentar debido a la absorción mejorada de nutrientes que presenta el tipo de sustrato, la cual actúa en altas concentraciones interfiriendo en el ciclo biológico que experimenta la planta afectando posteriormente la calidad fisiológica del fruto, además de la adecuada retención de agua o humedad (Alarcón et al., 2018).

Medición de color en cascara y pulpa

En los atributos de color se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el °Hue (tono o matiz), croma (intensidad o saturación del color) pero no en luminosidad tal y como se muestra en la tabla 4 que presenta las diferencias de color externo en frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado.

Tratamiento	°Hue	Croma	% de Luminosidad
Tezontle	40.75 ^a	48.46 ^a	41.62 ^a
Tepezil	40.19 ^a	48.34 ^{ab}	40.8 ^{abc}
Lombricomposta	39.53 ^{abc}	45.77 ^{cd}	39.83 ^{bcd}
Composta	40.2 ^a	47.13 ^{abc}	40.34 ^{abcd}
Bagazo	38.33 ^{bc}	47.45 ^{abc}	40.95 ^{abc}
Cascarilla de café	38.25 ^{bc}	46.38 ^{bc}	39.09 ^d
Tezontle y Lombricomposta	40.15 ^a	48.09 ^{ab}	40.65 ^{abcd}
Tezontle y Composta	38.39 ^{bc}	46.94 ^{abc}	39.78 ^{cd}
Tepezil y Lombricomposta	40.28 ^a	47.25 ^{abc}	40.21 ^{abcd}
Tepezil y Composta	39.42 ^{abc}	47.97 ^{ab}	39.99 ^{bcd}
Bagazo y Lombricomposta	39.86 ^{ab}	46.4 ^{bc}	40.45 ^{abcd}
Bagazo y Composta	38.14 ^c	46.4 ^{bc}	40.45 ^{abcd}
Cascarilla y Lombricomposta	39.45 ^{abc}	48.02 ^{ab}	40.3 ^{abcd}
Cascarilla y Composta	40.37 ^a	44.27 ^d	40.63 ^{abcd}

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ($P \leq 0.05$)

Tabla 4 Diferencias de color externo en frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

Los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron el mayor tono con 40.75 °Hue mientras que los frutos del tratamiento bajo cascarilla con composta presentaron el menor tono con 38.14 °Hue.

El atributo de color °Hue conocido como tono, tinte, matiz es identificado en el jitomate bajo el color rojo-amarillo o verde amarillo; dicho atributo tiende a disminuir a medida que el fruto va madurando y cuando es almacenado pasa de una coloración verde-amarillenta a una coloración naranja (Gould citado por Baldomero, 2007).

Cuando más bajo es el valor de °hue, más rojo es el fruto; si el fruto presenta un valor de 115 °hue, el color de jitomate es verde sazón siendo el valor más alto mientras que si presenta un valor de 37 °hue entonces presenta un color rojo o sobre maduro (Cantwell & Kasmire, 2007).

Los frutos de seis tratamientos presentaron valores menores a 41.3 °hue, siendo frutos con color rojo listo para consumo mientras que los frutos de ocho tratamientos con valores mayores a 37 °hue fueron frutos con color rojo oscuro.

Los frutos del tratamiento bajo tezontle con 40.75 °hue presentando un valor menor a 41.3 °hue siendo frutos con color rojo listo para consumo mientras que los frutos del tratamiento bajo cascarilla con composta con 38.14 °hue con un valor mayor a 37 °hue fueron frutos con color rojo oscuro.

Los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron la mayor intensidad con 48.46 y los frutos del tratamiento bajo la cascarilla con composta presentaron la menor intensidad con 44.27.

Croma indica que tan puro e intenso es el color de un fruto en una escala de 0 a 100; donde este último valor expresa la mayor pureza (Patrón et al., 2012). En los resultados de la variación de croma, los frutos de la mayoría de los tratamientos presentaron valores entre 48 y 46, considerándolos como frutos con una pureza intermedia mientras que los frutos de los tratamientos con valores entre 45 y 44 son considerados como frutos con poca pureza, los frutos con valores cercanos a un valor de 50 expresan una pureza intermedia, por el contrario de los frutos con valores entre 44-45.

Croma no es un indicador adecuado de madurez del jitomate debido a que es una expresión de pureza para un color específico y que en el caso de este fruto, se presenta simultáneamente tanto en la degradación de clorofila como en síntesis de compuestos carotenoides. Los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron la luminosidad más alta con 41.62 % mientras de los frutos del tratamiento bajo cascarilla de café con 39.09 % presentaron la luminosidad más baja.

Los frutos de diez tratamientos incluyendo al tezontle, presentaron valores cercanos o menores a 41.8 %, ubicando al jitomate en la sexta categoría de acuerdo al color que presenta siendo el rojo, donde más del 90% de la superficie no es verde. El color del estado de desarrollo que presenta el fruto de acuerdo a este valor es un color rojo claro (light red) o rojo listo para consumo y los frutos restantes con valores mayores o menores a 39.6 % incluyendo a la cascarilla de café presentaron un color rojo oscuro o sobremaduro, ubicados de igual manera que los frutos anteriores con un color rojo (red) de acuerdo a su estado de desarrollo.

La luminosidad puede ser afectada por tres factores: el tiempo de conservación, el estado de maduración y temperatura.

Resistencia de la cascara a la penetración

Se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) en la firmeza de los frutos de los sustratos tal y como se muestra en la tabla 5 se muestra la resistencia de la cascara a la penetración de los frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado.

Tratamiento	Firmeza (Newtons)
Tezontle	25.091 ^{bcd}
Tepezil	22.639 ^{de}
Lombricomposta	25.848 ^{abcd}
Composta	22.401 ^{de}
Bagazo	26.772 ^{abc}
Cascarilla de café	23.678 ^{cde}
Tezontle y Lombricomposta	27.359 ^{ab}
Tezontle y Composta	23.708 ^{cde}
Tepezil y Lombricomposta	20.243 ^e
Tepezil y Composta	25.037 ^{bcd}
Bagazo y Lombricomposta	22.382 ^{de}
Bagazo y Composta	28.692 ^a
Cascarilla y Lombricomposta	22.749 ^{de}
Cascarilla y Composta	23.541 ^{cde}

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ($P \leq 0.05$).

Tabla 5 Resistencia de la cascara a la penetración (N) en frutos de jitomate en al relación al tipo de sustrato hidropónico

En los resultados se observa que los frutos de tratamiento bajo bagazo con composta registraron la mayor firmeza (28.692 N) mientras que los frutos del tratamiento bajo tepezil con lombricomposta registraron la menor firmeza (20.243 N).

La firmeza del jitomate depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto (Hernández, 2013).

La firmeza que presenta el jitomate está relacionada además con el grado de madurez y puede estar influenciada por el clima, la variedad del fruto y las condiciones de cultivo (Carrari et al., Ruedas citado por Alarcón 2013).

El jitomate en base a la firmeza que presenta es clasificado en varias categorías desde muy firme a blando; un fruto muy firme presenta una firmeza de 30 a 50 N, un fruto firme 20 a 30 N, un fruto moderadamente firme 15 a 20 N, un fruto moderadamente blando 10 a 15 N y un fruto blando 10 N. (Rivero et al., 2013).

Los frutos de la mayoría de los tratamientos generalmente presentaron una firmeza con valores de 20 a 30 N, considerándolos como frutos firmes.

En los frutos con valores con menores firmezas, Navarro et al., (2012) señalan que algunos de los factores que afectan firmeza del fruto es la transpiración, la cual ocasiona pérdida de agua y escasa fuente de suministro (planta madre), por lo cual el fruto pierde turgencia y firmeza, indicando además que otros factores por los que no hay una adecuada firmeza es por la falta de riego provocando el escaso contenido de nutrientes y retención de los mismos presentes en el sustrato.

La firmeza es afectada por la salinidad que puede estar presentada en el sustrato; la cual debido a una mayor actividad de las enzimas encargadas de la degradación de la pared celular como por el aumento del pH causan el bloqueo del calcio disponible para las plantas, siendo este elemento indispensable en la firmeza del fruto (Lara citado por San Martín et al., 2012).

La pérdida de firmeza es causada por la celulasa, pectinesterasa y poligacturonasa, siendo la última la que mejor se correlaciona con el ablandamiento ya que su concentración se incrementa con su maduración.

Pruebas químicas

Valor de pH

No se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con respecto al pH en función al tipo de sustrato evaluado tal y como se muestra en la tabla 6 donde se presenta la variación de pH de los frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado.

Tratamiento	pH
Tezontle	4.2783 ^a
Tepezil	4.2767 ^a
Lombricomposta	4.2425 ^a
Composta	4.2633 ^a
Bagazo	4.2208 ^a
Cascarilla de café	4.2992 ^a
Tezontle y Lombricomposta	4.2200 ^a
Tezontle y Composta	4.0767 ^b
Tepezil y Lombricomposta	4.1745 ^{ab}
Tepezil y Composta	4.2250 ^a
Bagazo y Lombricomposta	4.2008 ^{ab}
Bagazo y Composta	4.1950 ^{ab}
Cascarilla y Lombricomposta	4.1683 ^{ab}
Cascarilla y Composta	4.2267 ^a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ($P \leq 0.05$).

Tabla 6 Variación de pH en frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

Los frutos del tratamiento bajo la cascarilla de café presentaron el mayor pH promedio con 4.2992 por el contrario del tratamiento bajo el tezontle con composta con 4.0767. El pH del jugo de la mayoría de los frutos de los sustratos presentaron un valor situado en 4 considerado aceptable, ya que el pH debe situarse entre 4 y 4.8 (Alarcón, 2014).

El pH del fruto aumenta con la maduración y con el tiempo de almacenamiento; un fruto fresco presenta un pH de 4.17 a 4.59 y un fruto utilizado en el área industrial presenta un pH de 4.4. El pH aumenta al crecer el fruto siendo más bajo en los estados iniciales de desarrollo y afectado por el estado de maduración.

El incremento del pH en el fruto varias veces se debe a que los ácidos de reserva presentes en las vacuolas de las células del fruto son transformados por la propia célula a azúcares, los cuales son utilizados para la respiración ocasionando una disminución de acidez y un aumento en el pH del fruto (Baldomero, 2007).

En los sustratos evaluados, el uso del tezontle para el cultivo de jitomate es una opción factible ya que presenta un resultado aceptable en el pH el fruto; al igual que el tepezil, composta y cascarilla de café por el contrario del tezontle combinado con la composta; ya que los frutos bajo estos sustratos presentan un valor de pH no muy favorable.

Acidez titulable

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los frutos de los sustratos. En la tabla 7 se presenta la variación de la acidez titulable de los frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado.

Tratamiento	Acidez titulable (% de ácido cítrico)
Tezontle	0.10933 ^c
Tepezil	0.13600 ^{ab}
Lombricomposta	0.13333 ^{ab}
Composta	0.12533 ^{bc}
Bagazo	0.13333 ^{ab}
Cascarilla de café	0.12800 ^{bc}
Tezontle y Lombricomposta	0.13600 ^{ab}
Tezontle y Composta	0.12267 ^{bc}
Tepezil y Lombricomposta	0.13673 ^{ab}
Tepezil y Composta	0.12800 ^{bc}
Bagazo y Lombricomposta	0.13333 ^{ab}
Bagazo y Composta	0.13067 ^b
Cascarilla y Lombricomposta	0.15200 ^a
Cascarilla y Composta	0.12533 ^{bc}

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ($P \leq 0.05$).

Tabla 7 Variación de la acidez titulable en frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

En los resultados se observa que los frutos del tratamiento bajo la cascarilla con composta registraron el mayor porcentaje de acidez (0.15200 %) por el contrario de los frutos bajo el tezontle (0.10933%) con el menor porcentaje.

La acidez es una característica sensorial relacionada con los cambios que sufren las frutas durante la maduración y senescencia siendo considerada como un índice de cosecha para varias especies (Baldomero, 2007).

El jitomate presenta un valor de acidez situado generalmente entre 0.25% a 0.35%, el cual es calculado como porcentaje de ácido cítrico. En el jitomate saladette, el valor de acidez que presenta es de 0.24 0.32% (Hernández, (2013).

Los resultados de los frutos de los sustratos hidropónicos no mostraron valores similares a los reportados anteriormente.

La disminución de acidez que experimentan los frutos durante la maduración siendo vista en los resultados de los frutos con menor acidez se debe a una intensa actividad metabólica originada por la actividad de ciertas enzimas respiratorias provocando el desdoblamiento de biomoléculas complejas (polisacáridos de reserva y estructurales, proteínas y lípidos) dando origen a azúcares más simples, aminoácidos, ácidos grasos y alcoholes polihidroxilados, los cuales se convierten en ácidos orgánicos de reserva que son consumidos durante la respiración (Alarcón, 2013).

Un factor que puede influir en el caso de los frutos cosechados bajo el tezontle, es el tamaño de partícula que presenta, el cual causa pérdidas de humedad y fertilizantes generando alcalinidad y salinidad en el sustrato afectando a la planta y por consiguiente al fruto (San Martín, 2012).

Sólidos solubles totales

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). En la tabla 8 se presenta la variación del contenido de sólidos solubles de los frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato evaluado.

Tratamiento	Sólidos solubles totales (Brix)
Tezontle	4.0833 ^c
Tepezil	3.9917 ^c
Lombricomposta	4.7833 ^a
Composta	4.2167 ^c
Bagazo	4.3833 ^{abc}
Cascarilla de café	4.6667 ^{ab}
Tezontle y Lombricomposta	4.2333 ^c
Tezontle y Composta	4.2333 ^c
Tepezil y Lombricomposta	4.1636 ^c
Tepezil y Composta	4.1417 ^c
Bagazo y Lombricomposta	4.1583 ^c
Bagazo y Composta	4.0250 ^c
Cascarilla y Lombricomposta	4.0833 ^c
Cascarilla y Composta	4.2667 ^{bc}

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ($P \leq 0.05$)

Tabla 8 Variación del contenido de sólidos solubles en frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

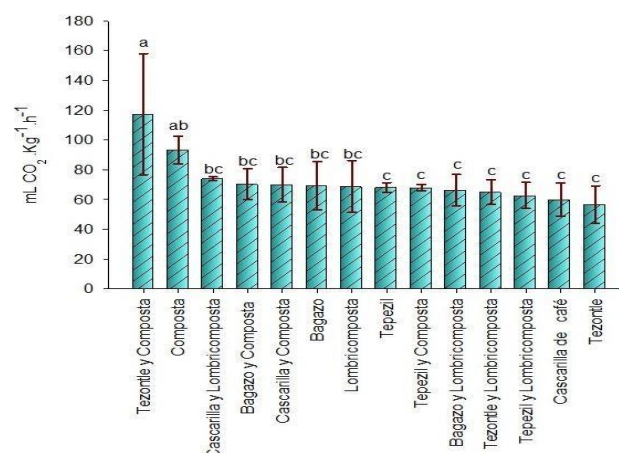
En los resultados obtenidos, los frutos del tratamiento bajo la lombricomposta registraron el mayor contenido de sólidos solubles totales con 4.7833°Brix por el contrario de los frutos bajo el tepezil con el menor contenido con 3.9917 °Brix.

El contenido de sólidos solubles totales que presenta el jitomate generalmente se sitúa entre 3.5 y 7.0 °Brix, dependiendo de la variedad; en el periodo de madurez comercial el jitomate posee un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix siendo relacionado con su aroma y sabor óptimos. El jitomate tipo saladette híbrido el Cid, presenta un contenido de sólidos solubles situado en 4.1, 4.5, 4.4 y 4.6 °Brix. (Martínez et al., 2018). La mayoría de los frutos de cada sustrato tuvieron un contenido de sólidos solubles aceptable, ya que el jitomate debe poseer un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix. Factores que pueden modificar el contenido de azúcares del jitomate, es la poca retención de nutrientes que presenta el sustrato; cuando solución nutritiva es suministrada al fruto si no se recibe correctamente, produce una reducción del flujo de agua hacia el fruto ocasionando estrés por sales osmóticas produciendo una acumulación activa de solutos, causando efectos negativos en las variables de calidad del jitomate tales como la reducción de su tamaño, un aumento de pH y la disminución en el contenido de azúcares (Navarro et al., 2012).

Pruebas fisiológicas

Velocidad de respiración

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). En la figura 2 se muestra el Comportamiento de la velocidad de producción de CO₂ de los frutos de jitomate en relación al sustrato hidropónico ordenando los resultados descendientemente para apreciar el tratamiento con la mayor y menor velocidad.



**Medias con la misma letra no son significativamente diferentes y aquellas que tienen letras distintas son estadísticamente diferentes

Figura 2 Comportamiento de la velocidad de producción de CO₂ de los frutos de jitomate en relación al sustrato hidropónico.

En los resultados obtenidos, los frutos del tratamiento bajo tezontle con composta registraron la mayor tasa de respiración de CO_2 ($117.97 \text{ mL de CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) mientras que los frutos bajo tezontle registraron la menor tasa de respiración ($56.58 \text{ mL de CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

El jitomate tiene un comportamiento respiratorio tipo climatérico con una intensidad relativamente elevada (10, 15, 22, 35 y $43 \text{ mg CO}_2/\text{kg h}$ a temperaturas de 5, 10, 15, 20 y 25°C , respectivamente (Hernández, 2013).

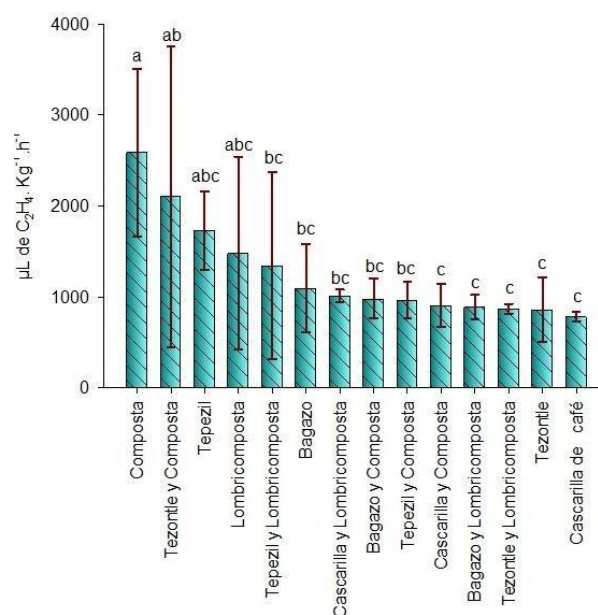
No se obtuvieron resultados semejantes; ya que las unidades de este trabajo se reportaron en $\text{mL de CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Los frutos de los sustratos hidropónicos evaluados que presentaron los valores elevados en la tasa de respiración siendo los frutos cultivados bajo el tezontle y composta, composta y cascarilla con lombricomposta presentaron una característica de los frutos climatéricos.

Un fruto climatérico continua su maduración después ser cortado y presenta un incremento en la respiración o pico climatérico después de alcanzar la madurez fisiológica, el cual es prolongado hasta la senescencia del fruto, lo que caracteriza a frutos de este tipo, siendo esto visto en los resultados en el comportamiento de la velocidad de respiración del jitomate siendo un fruto climatérico mientras que los frutos no climatéricos presentan bajas tasas de producción de CO_2 durante la madurez (Bolívar, Saucedo y Sauri, 2011).

Entre los factores que afectan la intensidad respiratoria del jitomate se encuentran la cantidad de azúcares, el grado de madurez, la estructura de la piel, el tamaño y la forma del fruto, la composición química del tejido que determina la solubilidad del oxígeno y del dióxido de carbono que como factores internos y la temperatura, la disponibilidad del etileno, oxígeno, dióxido de carbono y reguladores de crecimiento o el estrés hídrico presentado en el fruto como factores externos; todo esto en relación a los frutos de cada sustrato hidropónico evaluado (Salgado & Martínez, 2006).

Tasa de producción de etileno

No se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). En la figura 3 se muestra el Comportamiento de la velocidad de producción de etileno de los frutos de jitomate en relación al sustrato hidropónico ordenando los resultados descendientemente para apreciar el tratamiento con la mayor y menor velocidad.



*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes y aquellas que tienen letras distintas son estadísticamente diferentes

Figura 3 Comportamiento de la velocidad de producción de etileno en frutos de jitomate en relación al sustrato hidropónico

En los resultados obtenidos los frutos del tratamiento bajo la composta registraron la mayor producción ($2583.9 \text{ µL de C}_2\text{H}_4 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) mientras que los frutos bajo la cascarilla de café registraron la menor producción ($783.5 \text{ µL de C}_2\text{H}_4 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

El jitomate tiene una producción moderada con un rango de $1,0 - 10,0 \text{ µL de C}_2\text{H}_4 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a una temperatura de 20°C y $5 - 8 \text{ µL de C}_2\text{H}_4 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a 12°C y de $3 \text{ a } 10 \text{ µL de etileno/Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a 20°C (Hernández, 2013).

De los valores de la producción de etileno reportados anteriormente ninguno de los frutos de los sustratos evaluados presentó valores similares a los obtenidos en este trabajo.

Los factores que pueden afectar la tasa de producción de etileno son la nutrición vegetal asimilada por el sustrato, la cual debe ser adecuada y equilibrada siendo esencial para el desarrollo de la planta y para la calidad del fruto,

Las deficiencias, excesos o desequilibrios de nutrientes pueden limitar la vida del fruto siendo el nitrógeno, fósforo y potasio; estos elementos pueden variar debido a tipo del sustrato utilizado para el cultivo (Salgado & Martínez, 2006).

Conclusiones

Los frutos de los sustratos presentaron tamaños de categoría grande y extra grande siendo frutos de primera y segunda calidad. El tezontle, bagazo y tepezil presentaron en el fruto mayores tamaños. Todo lo contrario ocurrió para composta, cascarilla de café y tezontle con composta. El tepezil, composta y tepezil con lombricomposta afectaron la firmeza del fruto por el contrario del bagazo, tezontle con lombricomposta y bagazo con composta. Los frutos de los sustratos se considerados frutos firmes por presentar una firmeza de 20 a 30 N.

El contenido de sólidos solubles de los frutos bajo la lombricomposta, cascarilla de café y bagazo presentaron 4.78, 4.66 y 3.38 °Brix respectivamente mientras que los frutos bajo el tepezil, tezontle, bagazo con composta y cascarilla con lombricomposta presentaron 3.99, 4.08, 4.02 °Brix respectivamente

El pH de los frutos de los sustratos en general presentó un valor de 4, considerado aceptable ya que pH del jugo del fruto se sitúa entre 4 y 4.8. Los frutos de los sustratos en general no presentaron valores a los presenta generalmente el fruto siendo de 0.25% -0.35% o 0.24 a 0.32%, en el caso del jitomate tipo saladette.

Las producciones de etileno y CO₂ de los frutos de los catorce sustratos evaluados no presentaron valores semejantes a los presentados en las tasas de respiración y producción de etileno del jitomate, comúnmente ya que el fruto tiene una producción moderada de etileno en un rango de 1,0- 10,0 μL de C₂H₄. Kg⁻¹.h⁻¹ a una temperatura de 20 °C y una producción de CO₂ relativamente elevada (10, 15, 22, 35 y 43 mg CO₂/kg h a temperaturas de 5, 10, 15, 20 y 25°C.

El tezontle tepezil, cascarilla de café son las opciones más factibles para el productor y para el consumidor en cuanto al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) tipo saladette Hidropónico favoreciendo algunos parámetros de calidad; sustratos tales como tezontle con composta, tepezil con lombricomposta, bagazo con composta, cascarilla con lombricomposta y cascarilla con composta son otras opciones a considerar para el cultivo. La lombricomposta, bagazo, tepezil con lombricomposta, tepezil con composta y bagazo con lombricomposta son las opciones menos factibles quedando descartados.

Referencias

Alarcón, A. (2013). Calidad postcosecha del tomate (*solanum lycopersicum L.*) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Universidad Politécnica de Madrid. Retrieved from http://oa.upm.es/21908/1/ALEJANDRO_ALARCON_ZAYAS.pdf

Alarcón, A., Barreiro, P., & Boycet, T. (2018). Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate, (April).

Alarcón, R. (2014). Evaluación de tomate (*lycopersicom esculentum Mill.*) con diferentes niveles de compost como sustrato orgánico en invernadero. Igarss 2014. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Baldomero, N. (2007). Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) hidropónico con sustratos bajo invernadero. Instituto Politécnico Nacional. Centro. Retrieved from <http://www.cic.ipn.mx/sitioCIC/images/sources/cic/tesis/B020892.pdf>

Bolívar, N., Saucedo, C., & Sauri, E. (2011). Respiration and related parameters of maturation in harvested Chicozapote in the Yucatan Peninsula. Rev. Bras. Frutic, 261–266. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000032>

Cantwell, M., & Kasmire, R. (2007). Capítulo 33. Sistemas de manejo post cosecha: hortalizas de frutos en tecnología post cosecha de cultivos hortofrutícolas (pp. 457–474). <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2008.01328.x>

DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena, LOPEZ SERRANO, Salomón y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando. Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* var. saladette). Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019

- Casierra, Fánor Álvarez, Óscar Luque, N. (2010). Calidad de frutos en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. Rocío) producidos bajo coberturas reflectiva y plástica, 4(1), 67–80.
- De la Rosa, Penélope, Herrera, I. (2015). La producción hidropónica ¿una alternativa alimentaria en espacios urbanos? Universidad Autónoma del Estado de México.
- Gamboa, L. (2013). “aplicación poscosecha de selenio en frutos de tomate y tomatillo y su efecto en la calidad nutricional, potencial antioxidante y comportamiento poscosecha.” Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro.”
- Hernández, J. (2013). Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Universidad de Córdoba.
- Intagri. (2009). La Caracterización de los sustratos para la horticultura. , Instituto Para Innovación Tecnológica En La Agricultura. Retrieved from intagri.com
- Martinez, O., Chulim, Á., Cruz, E., & Garcia, J. (2018). Influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(1), 53. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.71>
- Muñoz, A. (2010). Sistema para clasificación de jitomates basado en metrología laser y algoritmos computacionales. Retrieved from <https://bibliotecas.cio.mx/tesis/14607.pdf>
- Navarro, E. et al. (2012). Calidad post cosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. Revista Chapingo Serie Horticultura, XVIII(3), 263–277. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.11.097>
- Ortega, L. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Indígena de México, 6, 339–346. Retrieved from www.redalyc.org
- Patrón, C., Montes, A., Oropeza, R., & Patrón, G. (2012). Determinación del color en epicarpio de tomates (*lycopersicum esculentum* mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. Agronomía Costarricense (Vol. 35). Retrieved from www.cia.ucr.ac.cr
- Rivero, M., Quiroga, M., González, O., & Moraga, L. (2013). Postcosecha de tomate. Control de calidad. VI. Retrieved from https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_n_6_-_control_de_calidad.pdf
- SAGARPA. (2010). Monografía de cultivos. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- San Martin, Cesar Ordaz, Víctor Sánchez, Prometeo Colinas, Beril León, María Borges, L. (2012). Calidad de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle.
- Salgado, T., & Martinez, R. (2006). Relación entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano
- Sañudo, R. (2013). *El cultivo de tomate (lycopersicon esculentum mill.) y el potencial endofítico de diferentes aislados de beauveria bassiana*. Universidad Autónoma Indígena de México.
- SIAP, S. (2017). *Atlas Agroalimentario 2017*. Obtenido de www.gob.mx/siap: <http://online.pubhtml5.com/clsi/ibhs/#p=3>
- Zarate, N. (2007). *Producción de tomate (lycopersicon esculentum mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero*. Instituto Politécnico Nacional.

Implementación de Aplicaciones Informáticas en la Industria Agrícola del Aguacate

Implementation of Computer Applications in the Avocado Agriculture Industry

OCHOA-ORNELAS, Raquel†*, FAJARDO-DELGADO, Daniel, SÁNCHEZ-CERVANTES, María Guadalupe y OSORNIO-MENDOZA, Jonathan

Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán / Tecnológico Nacional de México

ID 1^{er} Autor: *Raquel, Ochoa-Ornelas* / **ORCID**: 0000-003-1824-5789, **Researcher ID Thomson**: S-4687-2018, **arXiv Author ID**: RaquelOchoa, **CVU CONACYT ID**: 668976

ID 1^{er} Coautor: *Daniel, Fajardo-Delgado* / **ORCID**: 0000-0001-8215-5927, **Researcher ID Thomson**: B-5078-2014, **arXiv Author ID**: dfajardod, **CVU CONACYT ID**: 101301

ID 2^{do} Coautor: *María Guadalupe, Sánchez-Cervantes* / **ORCID**: 0000-0002-5517-9816, **Researcher ID Thomson**: S- 6784-2018, **arXiv Author ID**: magusace, **CVU CONACYT ID**: 544127

ID 3^{er} Coautor: *Jonathan, Osornio-Mendoza* / **ORCID**: 0000-0002-5310-0369, **Researcher ID Thomson**: S- 5751-2018, **arXiv Author ID**: john9651, **CVU CONACYT ID**: 946995

DOI: 10.35429/JTD.2019.9.3.13.23

Recibido: 10 de Enero, 2019; Aceptado 30 de Marzo, 2019

Resumen

La Agricultura 4.0, concebida como una especie de industria, se construye mediante la integración de un conjunto de tecnologías digitales tales como el Internet de las cosas, la Inteligencia Artificial, y la gestión de grandes bases de datos (o Big Data). Esto implica una transformación de la infraestructura de producción que permite incrementar la productividad agrícola y la calidad de los productos de una manera eficiente y sostenible. Estos cambios requieren de la implementación de tecnologías digitales para la recolección, el análisis y la comunicación de información, permitiendo la toma de decisiones oportuna. El presente artículo trata de la implementación de una plataforma que comprende tanto aplicaciones de escritorio, Web y móviles como herramientas de Internet de las cosas para el control de la producción y la comercialización en huertas aguacateras. Se describe el desarrollo de un prototipo de la plataforma bajo metodologías ágiles y siguiendo una estrategia iterativa e incremental. Finalmente, se presentan las pruebas que determinan la funcionalidad integral del prototipo de la plataforma y resultados experimentales.

Agricultura 4.0, Conectividad, Base de Datos

Abstract

Agriculture 4.0, conceived as a kind of industry, is built by integrating a set of digital technologies such as the Internet of things, Artificial Intelligence, and the management of large databases (or Big Data). This industry implies a transformation of the production infrastructure that allows increasing the agricultural productivity and the quality of the products efficiently and sustainably. These changes require the implementation of digital technologies for the collection, analysis and communication of information, allowing timely decision making. This article deals with the implementation of a platform that includes both desktop, Web and mobile applications and Internet of things tools for the control of production and marketing in avocado orchards. The development of a prototype of the platform is described under agile methodologies and following an iterative and incremental strategy. Finally, the tests that determine the integral functionality of the platform prototype and experimental results are presented.

Agriculture 4.0, Connectivity, Database

Citación: OCHOA-ORNELAS, Raquel, FAJARDO-DELGADO, Daniel, SÁNCHEZ-CERVANTES, María Guadalupe y OSORNIO-MENDOZA, Jonathan. Implementación de Aplicaciones Informáticas en la Industria Agrícola del Aguacate. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-9: 13-23

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: raqueo@itcg.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En los últimos años, se ha incrementado considerablemente la producción de las huertas aguacateras en los estados de Jalisco y Michoacán, generando una alta producción que es distribuida a diferentes empacadoras de la región para su posterior exportación. La importancia económica de esta actividad en cuanto a la generación de empleos y los vínculos indirectos con otras actividades es significativa en Jalisco, ya que se han exportado en promedio más de 514,000 toneladas en los últimos años solamente a Estados Unidos de América (Faostat, 2016).

A pesar de los esfuerzos de estas organizaciones por apoyar los procesos productivos, en la actualidad, existen huertas de aguacate en Jalisco y Michoacán que llevan el control de los procesos de forma manual, generando grandes cantidades de papeleo y errores, incrementando el extravío de datos e inconsistencias en la información que afectan el seguimiento al mantenimiento en las huertas y a su producción.

En este artículo, se presenta una plataforma que comprende aplicaciones de escritorio, Web y móviles, así como herramientas de Internet de las cosas para el control de la producción y la comercialización en huertas aguacateras. Las aplicaciones permiten el procesamiento de datos relacionados con las actividades productivas y administrativas de los huertos, almacenando registros en una base de datos instalada en un servidor en la nube, que ofrece además, diversas consultas a través de dispositivos móviles.

Antecedentes

Desde la primera revolución industrial que se presenta en el siglo XVIII con la aparición de la máquina de vapor, se vio involucrada la agricultura con estos avances, pues existen antecedentes como fue el país de Chile en el siglo XIX, que siendo el principal productor agrícola de la Costa del Pacífico, fue afectado en la reducción de mano de obra en el campo debido a conflictos bélicos, por lo cual tuvo que emplear maquinaria como trilladoras de vapor y segadoras mecánicas en el año de 1880 (Sater, 2019).

Hacia finales del siglo XIX surge la segunda revolución industrial, la cual se basa en el uso de la electricidad para fines industriales y domésticos. En lo que respecta a la Agricultura 2.0 se implementaron soluciones con la electricidad que permitieron incrementar la productividad a través de molinos de aceite. La tercera revolución industrial se presenta a finales del siglo XX involucrando la robotización y la automatización. En esta época, surge la Agricultura 3.0 con el uso de grandes maquinarias que realizan ciclos completos de trabajo tanto en la siembra como en la cosecha (Zarazaga, 2017).

Actualmente, la cuarta revolución industrial se refleja en la agricultura con las explotaciones inteligentes que comprenden sistemas de emplazamiento para la rotación de cultivos, así como de controles que optimizan el riego y fertilizantes entre otros. Sin embargo, existen retos a alcanzar en la agricultura en el entorno industrial actual, como lo es el uso de sensores en las explotaciones por problemas de alimentación energética, así como la transferencia de datos en comunidades sin cobertura de Internet. Los satélites y los drones juegan un papel importante al obtener datos impulsando el desarrollo de la agricultura, pero requieren de sistemas robustos con grandes bases de datos que ofrezcan servicios de consumo masivo. Otro problema más a considerar es la resistencia de los agricultores a incorporar a las nuevas tecnologías en el campo. (Zarazaga, 2017).

Por otra parte, algunos datos generales de la agricultura en América Latina muestran que existe tendencia al desarrollo capitalista ya que se han expropiado las mejores tierras en extensiones medias y grandes en varios países, cuyas inversiones extranjeras o privadas encuentran beneficios directos en infraestructura e incentivos económicos. Sin embargo, los pequeños campesinos carecen de apoyos y utilizan técnicas atrasadas y poco especializadas donde su producción se encuentra sujeta al clima o tradiciones agrícolas, quedando limitados al uso de la tecnología (Pérez y Reyes, 2019).

Bernal et al. (2019) definen al seguro agrícola como un soporte financiero en riesgos a eventos climáticos adversos que no se pueden prevenir de manera anticipada.

En Bolivia, el seguro agrario universal creado en 2011 que responde de manera oportuna para albergar sistemas de producción, comercio y seguro para la agricultura familiar, alberga a más de 100,000 productores agrícolas. En algunos países de América Latina el crédito a los pequeños productores se ve limitado precisamente por no disponer de este tipo de seguros, garantías o la falta de títulos de propiedad. Lo que hace una desigualdad más grande en unidades de producción, nivel tecnológico e ingresos. Una solución a todos estos problemas es otorgando el apoyo al campo a través de la asistencia y capacitación en el uso de nueva tecnología, administración, comercialización, así como la vinculación con los mercados (Pérez y Reyes, 2019).

Calvo (2019) expone que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son consideradas un pilar importante en la economía y sociedad actual ya que son de uso general y su aplicación es fundamental para el crecimiento y desarrollo. Por tal motivo, explica el caso de la empresa INDRA que combina capital público y privado del sector TIC en España, misma que se han consolidado en los últimos años al centrarse en ajustar el desarrollo tecnológico potenciando la ingeniería de sistemas, optimizando tecnologías y participando en programas nacionales e internaciones de innovación y desarrollo, recibiendo apoyos de diferentes organismos incluyendo la Unión Europea y el Ministerio de Industria y Energía.

Pérez-García (2019) propone un sistema de información geográfico en la agricultura cañera para la gestión de parcelas. La plataforma está integrada por un software de gestión, un sistema gestor de base de datos y una interfaz Web, que involucran información espacial de áreas de cultivo de caña de azúcar y datos de cosecha. Esta plataforma mejora significativamente la gestión y el control de los insumos empleados durante las tareas habituales aumentando la eficiencia. Además, a partir de las imágenes aéreas y otras herramientas se obtienen imágenes satelitales multiespectrales que producen mapas de prescripción permitiendo efectuar un tratamiento diferenciado del cultivo en función de las necesidades de los mismos. Por otra parte, a través de la plataforma se generan otros indicadores de productividad que aportan soluciones a decisiones administrativas y planeación futura.

Méndez-Moreno et al. (2019) declaran que los códigos QR (Quick Response, por sus siglas en inglés), permiten acceder de manera rápida a la información, ya que al ser bidireccional, puede ser leído mediante la cámara de un dispositivo móvil y una aplicación lectora. La investigación describe la adquisición de requerimientos para la implementación de tecnología QR que permita acceder a información de las orquídeas del museo viviente de las orquídeas en el estado de Yucatán. Mencionan además, que la agricultura requiere actualmente de diversas tecnologías que le permitan recolectar datos valiosos para favorecer la productividad, interpretando y aplicando información. Por consiguiente, la agricultura de precisión genera el ahorro de recursos disminuyendo el impacto ambiental así como costos.

Por otra parte, la disponibilidad y bajo costo de la informática móvil ha permitido incluir esta tecnología en la agricultura, como lo es un sistema de notificaciones diarias a los agricultores con información relacionada con la meteorología (Channe, Kothari y Kadam, 2015).

Romero y Amparo (2019) en su investigación, detallan la importancia de la implementación de programas pre-requisitos de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) en la Industria alimentaria. Su investigación se enfoca al desarrollo de un software que incorpora una base de datos relacional y genera un módulo de reportes para el control de capacitaciones al personal, control de limpieza, desinfección de los equipos, inspección de la planta y mantenimiento a equipos. Consideran que al automatizar el registro en los procesos, se reduce de manera significativa los tiempos optimizando actividades, generando además información digital que mejora la toma de decisiones.

Por otra parte, el uso de aguas regeneradas reducen la explotación de acuíferos y con un tratamiento adecuado permiten en la agricultura disminuir el consumo de fertilizantes. En base a lo anterior, la Unión Europea actualmente está analizando varias iniciativas para reutilizar aguas residuales urbanas e industriales, lo cual permitirá generar una real economía circular del agua (Melgarejo, 2019).

Objetivos

Objetivo general:

Implementar una plataforma que integre aplicaciones de escritorio, Web y móviles, así como herramientas de Internet de las cosas, para el control eficiente en las huertas aguacateras.

Objetivos específicos:

- Disponer de un registro completo y seguimiento en los cortes de fruta, fumigación, fertilización y limpieza.
- Administrar de manera eficiente los procesos de compras, cobros a empacadoras, pagos a proveedores y gastos generales que se realizan en las huertas aguacateras.
- Implementar aplicaciones Web y móvil que dispongan de acceso inmediato a consultas en una base de datos centralizada en la nube para la presentación de informes que apoye a la toma de decisiones.

Marco teórico

IoT

Internet de las cosas o IoT (Internet of Things, por sus siglas en inglés), se refiere a conectar objetos tecnológicos o electrónicos a Internet para compartir y controlar las cosas que nos rodean, utilizando redes basadas en el protocolo IP, capacidad de cómputo, miniaturización, análisis de datos y computación en la nube. Algunas de sus aplicaciones son en las áreas de salud, herramientas de aprendizaje, seguridad, optimización de procesos y agricultura entre otros (Bautista, Parra-Valencia y Guerrero, 2017).

Las recientes innovaciones de la electrónica y las Tecnologías de la Información y Comunicación permiten un crecimiento en el procesamiento de los sistemas de tratamiento de información y a la vez han generado la miniaturización de microprocesadores empleados como son los sensores para captar datos del entorno. Así también, la expansión de Internet y la gestación de nuevas tecnologías, servicios y plataformas han generado el IoT como la próxima revolución de un mundo interconectado (Barrio, 2018).

El IoT implica el uso de RFID (Radio Frequency Identification, por sus siglas en inglés), así como red inalámbrica y sensores que incorporan una pila de Internet al dispositivo. Beagle black es un dispositivo IoT económico que se conecta a sensores para recoger información de las propiedades del suelo y de parámetros atmosféricos, los datos son recopilados y enviados a un almacenamiento en la nube para posteriormente ser procesados y de esta manera predecir el rendimiento del cultivo. Sin embargo, en la agricultura, pocos investigadores han propuesto arquitecturas basadas en IoT. (Channe, Kothari y Kadam, 2015).

En el sector primario, específicamente en la agricultura, es posible aprovechar el potencial de IoT, sin embargo, también genera amenazas referentes a la intimidad-privacidad y a la seguridad. El IoT ha sido llamado como un agente de la Industria 4.0, junto con la inteligencia artificial, la robótica, la impresión 3D y 4D, la nanotecnología y la biotecnología, entre otros. Internet interconecta ordenadores con diversos dispositivos (teléfonos inteligentes, tabletas, pulseras inteligentes, gafas de realidad aumentada, cámaras de seguridad, controles de acceso, sensores de temperatura, entre otros) para enviar datos a centros de procesamiento, transmitiendo, compilando y analizando datos. El IoT crece diariamente y se espera un número de veinte billones de dispositivos conectados para el año 2020 (Barrio, 2018).

Computación Móvil

Ramírez, Contreras y Contreras (2014) definen a un dispositivo móvil como un aparato diseñado para funciones específicas, de pequeño tamaño, con capacidades de procesamiento, conexión permanente o intermitente a una red y memoria limitada. Existen varios tipos de dispositivos móviles, desde los reproductores de audio portátiles hasta los navegadores GPS, incluyendo los teléfonos móviles, PDA's o las tabletas. En la programación de móviles existen plataformas que incluye herramientas como el SDK (Software Development Kit, por sus siglas en inglés), el IDE (Integrated Development Environment, por sus siglas en inglés) y emuladores, en algunos casos también se incluyen características como el GPS y acelerómetro, entre otros.

Minería de datos

Consiste en un proceso de análisis de datos para localizar patrones ocultos. Se ha aplicado en la agricultura para el análisis y clasificación de los tipos y propiedades del suelo, predecir cultivos, así como decidir la mejor secuencia de cultivo basado en información de secuencias anteriores que incluyen un detalle de los nutrientes del suelo. Las propiedades del suelo como nitrato, fosfato y potasio determinan la calidad del suelo, así como el tipo de producción de los cultivos. Las propiedades ayudan a mantener la salud del suelo aplicando la cantidad necesaria de fertilizantes (Channe, Kothari y Kadam, 2015).

Big Data

Trejo (2018) considera que el concepto Big Data se refiere a grandes volúmenes de datos tanto disponibles como generados en tiempo real, que pueden ser alimentados desde múltiples orígenes ya sean locales o desde la nube, algunos extraídos de los usuarios y provenientes de distintos formatos, pero con el único objetivo de ser utilizados para el análisis descriptivo, predictivo o prescriptivo. El IoT se considera como una importante contribución de datos para el Big Data, ya que a través de una conexión de red transfiere datos que se encuentren relacionados con máquinas o dispositivos promoviendo la inteligencia artificial, así como el aprendizaje automático.

De esta manera, Big Data representa una cantidad masiva de datos captadas por sensores, redes sociales y sistemas comerciales que permite la captura, almacenamiento, análisis y búsqueda para gestionar la cadena de suministro de productos agrícolas disminuyendo costos de producción (Channe, Kothari y Kadam, 2015).

Mecatrónica

Kriuchkova, Canteñs, y Cabreray (2019) consideran a la mecatrónica como una tecnología con un enfoque multidisciplinario de la ingeniería que permite mantener altos estándares de competitividad en países industrializados y puede ser aplicada para dar solución a problemas relacionados con la agricultura, ya que involucra varias áreas de conocimientos en sistemas mecánicos, diseño de software, así como automatización y control.

Algunos proyectos basados en mecatrónica es un sistema de control de posición del disco de corte de una deshojadora de mazorcas con visión artificial que permite disminuir el error en el corte por el usuario por medio del empleo de controladores PID mediante una interfaz gráfica en MATLAB. Otro trabajo relevante es un robot de palmeras que considera una estructura con un mecanismo de biela-manivela para ascender, que incluye motores, batería y cámara IP para obtener imágenes y procesarlas por medio de visión artificial detectando cocos y enfermedades en las hojas. Otras técnicas de inteligencia artificial en modelado y control han sido utilizadas en los invernaderos para mejorar la producción. (Kriuchkova, Canteñs, y Cabreray (2019).

Cloud Computing

La computación en la nube tiene su aplicación en el sector agrícola ya que provee servicios rentables en el almacenamiento de información histórica importante para la aplicación de fertilizantes por medio de imágenes de cultivo que son recopiladas por drones, así como datos del ambiente alimentados por medio de sensores. De esta manera, los datos almacenados permiten construir un modelo, monitorear situaciones adversas y atenderlas oportunamente (Channe, Kothari y Kadam, 2015).

Visual Studio

Visual Studio desarrollado por Microsoft, ofrece una interfaz de desarrollo integrado con diversas herramientas para crear aplicaciones en plataformas .NET. Visual Studio se distribuye en diferentes ediciones como son Community, Professional y Enterprise. En sus últimas versiones se ha disminuido el tiempo de carga controlando además el rendimiento de las extensiones. Además, las aplicaciones pueden especificar las versiones del Framework .NET que se deben utilizar. Una de las herramientas que integra es un editor de texto el cual evalúa los errores de sintaxis y variables declaradas que no usan código. También incluye IntelliSense que es una funcionalidad para mostrar clases y sus miembros del código que se va escribiendo. Además, considera un diseñador de vistas de los elementos del proyecto, un depurador integrado para seguir la ejecución del código, así como un administrador de extensiones y actualizaciones (Hugon, 2018).

En la versión 2019 de Visual Studio se incluyen mejoras significativas en el rendimiento IntelliSense para los archivos C++, ofreciendo el desarrollo local con emuladores diversos, acceso simplificado a pruebas, así como la creación de repositorios y administración GIT en IDE. Ofrece además conjuntos de herramientas y componentes como Web & Cloud para desarrollo ASP.NET y desarrollo Web, Azure, Python y Node.js, desarrollo móvil con .NET, desarrollo multiplataforma de .NET Core, almacenamiento y procesamiento de datos y el desarrollo de aplicaciones de analítica y de ciencia de datos (Microsoft, 2019).

Android Studio

Android surge desde una empresa emergente que desarrollaba este sistema operativo para cámaras digitales, fue adquirido por Google en 2005. La primera versión para dispositivos móviles aparece en 2008 y aproximadamente 40 versiones se han publicado posteriormente. Cada versión se caracteriza por el nivel de API (API Level en inglés). Este nivel de API es utilizado para distinguir la versión de Android instalada para el desarrollo de aplicaciones. En este sentido, Google provee, cada quince días, estadísticas relacionadas con las tasas de instalación de cada versión.

El sistema operativo de Android está basado en un núcleo Linux, el cual gestiona las capas básicas de los procesos, memoria y hardware, así como los permisos de los usuarios. La segunda capa presenta las bibliotecas principales del sistema como lo es la gestión de la visualización, motor de base de datos, gestión de audio y video entre otros. Las bibliotecas se utilizan directamente por los programadores para crear las aplicaciones móviles (HÉBUTERNE, 2018).

Metodología

Para el desarrollo de la plataforma que comprende aplicaciones de escritorio, Web y móviles, se aplicó la metodología de Scrum que es un marco de programación ágil que se basa en una estrategia de desarrollo iterativo e incremental que asegura la calidad del producto. A continuación, se detallan las diferentes fases de desarrollo.

Análisis

Se realizó una investigación de los requerimientos para el control de producción y comercialización en las huertas aguacateras llevando a cabo una serie de entrevistas.

La solicitud de los usuarios en cuanto a informes y consultas fue la siguiente:

- Relación de existencias de productos.
- Informe de actividades por periodo, huerta, tipo de actividad y responsable.
- Cobros pendientes por periodo, huerta o empacadora.
- Cobros realizados por periodo, huerta o empacadora.
- Compras en un periodo por proveedor.
- Compras pendientes para pagar.
- Cortes en un periodo por empacadora o huerta.
- Pagos en un periodo por proveedor.
- Gastos en un periodo por concepto.

En la Figura 1 se presenta el diagrama de casos de uso de la plataforma informática diseñada.

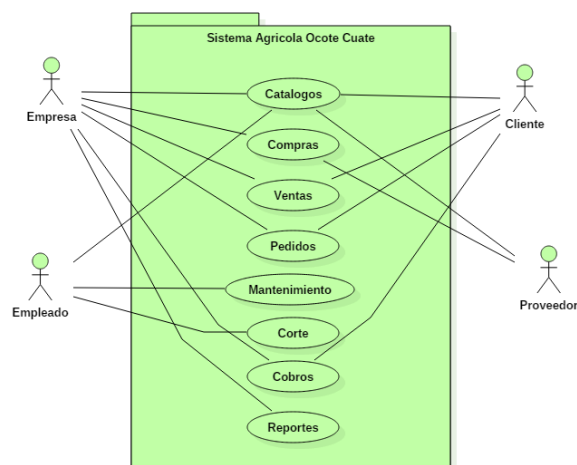


Figura 1 Diagrama de casos de uso general

Un requerimiento importante para los encargados de las huertas fue el registro y seguimiento a las actividades en el campo, ya que se debe tener especial cuidado en la aplicación de agroquímicos, mantenimiento y seguimiento en tiempos para efectuar la tarea de manera apropiada y oportuna, sin causar daños al cultivo o a la producción, evitando además costos innecesarios.

Algunas de las actividades que se realizan en las huertas de aguacate se muestran a continuación:

- Fertilización.
- Control de plagas.
- Eliminación de maleza y limpieza.
- Agregado de materia orgánica.
- Agregado de enmiendas.
- Control de enfermedades.
- Análisis del suelo.
- Muestras foliares.
- Aplicación de abonos.
- Aplicación de foliares.
- Calibración de equipo.
- Aplicación de agroquímicos.
- Lavado de envases.
- Desecho de envases.
- Limpieza de cajas.
- Cosecha de fruta.

Otras de las consideraciones al capturar los requerimientos del sistema fue que los productos que se aplican en las huertas, así como el equipo y maquinaria utilizado deben estar de manera permanente inventariados. Por lo anterior, fue necesario considerar actualizar la existencia de los productos cada vez que eran aplicados durante una actividad o bien adquiridos mediante una compra.

En relación con los cortes, las empacadoras se presentan en las huertas para llevar a cabo directamente esta actividad bajo una alta supervisión. La fruta es transportada y pesada en cajas plásticas. Los datos generales del corte deben quedar correctamente registrados, ya que representa un adeudo que la empacadora deberá pagar posteriormente al productor de la huerta. Estos movimientos deberán quedar registrados en la plataforma para evitar contratiempos durante la cobranza. De esta manera, también se pueden rastrear otros datos importantes sobre los cortes. Otros requerimientos solicitados incluyen el control sobre los gastos diversos que las huertas generan, por lo cual, se debe tener un catálogo de conceptos autorizados. En relación a las compras a proveedores pueden ser a crédito o contado, siendo necesario llevar un seguimiento detallado del saldo del proveedor.

Diseño

Se diseñó una base de datos compartida para los tres tipos de escenarios (escritorio, Web y móvil), la cual fue creada en MySQL y almacenada en un servidor en la nube. La base de datos estuvo integrada por las siguientes entidades:

- Usuarios
- Empacadoras
- Proveedores
- Productos
- Encargados
- Huertas
- Tipo de Cobro-Pago
- Concepto de gastos
- Tipos de productos
- Tipo Actividad
- Actividades
- Detalle Actividades
- Compras
- Detalle Compra
- Cortes
- Cobros
- Gastos
- Pagos

Los procesos que intervienen en las actividades diarias que realizan las huertas se mencionan a continuación:

- Registro y consulta de actividades.
- Registro y consulta de compras a crédito y contado.
- Registro y consulta de cortes.
- Registro y consulta de cobros.
- Registro y consulta de gastos.
- Registro y consulta de pagos.

De igual forma, se realizó el maquetado de las interfaces en cada tipo de aplicación, así como el diseño de los informes utilizando ReportViewer en la aplicación de escritorio y la librería fpdf para generar informes PDF en la aplicación Web.

Al incluir un apartado de utilerías dentro de las opciones de la plataforma, fue necesario diseñar la lógica para el respaldo y la restauración de la base de datos desde MySQL, control de bitácora de usuarios, ayuda en línea y traspaso de movimientos a una base de datos histórica.

Codificación

Se detalló una estructura de opciones y componentes para cada aplicación, tomando en consideración el perfil del usuario. También se emplearon diferentes herramientas y lenguajes de programación, entre ellos Visual Studio, HTML, Bootstrap, PHP, JavaScript, Ajax, Java y Android Studio.

Al desarrollar las aplicaciones fue indispensable realizar pruebas de conexión a la base de datos en MySQL instalando controladores e incorporando las clases correspondientes en la lógica de las aplicaciones de cada escenario.

Pruebas

Para verificar la funcionalidad de la plataforma fue necesario realizar pruebas individuales y de concurrencia en cada caso de uso, por lo cual, se diseñaron casos y procedimientos de prueba. Una vez asegurada la funcionalidad de cada componente, fue solicitada la revisión y autorización del avance del proyecto de parte de los usuarios de la plataforma, donde se realizaron algunos ajustes que se consideraban necesarios.

Posteriormente, al concluir el desarrollo completo correspondiente a un escenario específico, se realizaba una prueba integradora con la finalidad de descubrir fallas y corregir los defectos de manera oportuna antes de liberar la aplicación. Esta revisión permitió asegurar y certificar la entrega final del proyecto. En la Tabla 1 se muestra el caso de prueba para el movimiento de cortes donde se describen los valores de entrada, las condiciones establecidas al momento de realizar la prueba, así como la respuesta a la salida que debe generar el sistema.

Nombre del caso de uso	Registrar Corte
Descripción	Registrar un corte en el sistema con 250 cajas, 500 toneladas y \$700,000 de importe.
Datos de entrada	idCorte: 1 Huerta: El Cincuenta Empacadora: Los cerritos Número de Cajas: 250 Fecha: 12 de abril del 2019 Toneladas: 500 Ingreso Generado \$ 700,000
Condiciones	El saldo inicial de la empacadora es \$500. El número de cajas es 250, las toneladas 500 y el importe de \$700,000.
Secuencia Principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario presiona Nuevo para generar el IdCorte. 2. Selecciona la huerta a la que se efectuó el corte. 3. Selecciona la empacadora que efectuó el corte. 4. Ingresa total de cajas. 5. Ingresa la fecha. 6. Ingresa las toneladas. 7. Ingresa el importe. 8. Registra el corte.
Salida	Graba nuevo registro en cortes Saldo Empacadora = \$700,500

Tabla 1 Prueba registrar corte

Documentación

Durante el desarrollo de la plataforma se diseñó el manual de programación que permitirá dar seguimiento al proyecto. Este manual consiste en una guía de fácil acceso a todo el análisis y diseño de la plataforma, que incluye información sobre diagramas de despliegue, clases, diccionario de datos, casos de uso, actividad, estado y colaboración, así como una descripción detallada de los componentes de programación generados durante la implementación del sistema. Por otra parte, se diseñó una ayuda en línea, la cual es un apoyo de consulta para los usuarios sobre la operación del sistema.

Resultados

En este apartado se presentan algunas de las aplicaciones generadas a través de la plataforma. La Figura 2 muestra la interfaz para el registro de huertas donde se captura responsable, nombre de huerta y ubicación.



Figura 2 Registro de huertas

En la Figura 3 se muestra la interfaz para registrar los cortes que realiza cada una de las empacadoras en las huertas. Se selecciona la huerta y la empacadora, fecha de corte y número de cajas. Posteriormente, se capturan las toneladas y el importe. También se despliega una consulta general de los cortes de la huerta actualmente registrados.



Figura 3 Registro de cortes

En la Figura 4 se presenta la interfaz del registro de cobros a empacadoras, la cual integra una consulta general de cortes pendientes a cobrar. Una vez que se elige el corte a cobrar, se muestra en detalle los datos correspondientes para introducir el importe, tipo de cobro y fecha.

Figura 4 Registro de cobros

Algunos de los reportes que se generan en la aplicación Web es la relación de empacadoras con saldo pendiente, así como el reporte de cortes, ambos en un periodo previamente seleccionado por el usuario, ver Figuras 5 y 6.

Huertas "El Cincuenta 1" **Reporte Empacadoras** Fecha: 20-07-19

ID	Nombre	RFC	Telefono	Domicilio	Colonia	CP	Ciudad	E-Mail	Saldo
1	Empacadora Oros	EMPORO1234567	341129859	San Antonio # 43	Centro	49000	Año de Rosales	empacadororos@hotmail.com	\$ 0.00
2	Empacadora Avo2	AVO223145634	341129859	Carretera Año-Tecario sn	S/C	49088	Año de Rosales	avo2@hotmail.com	\$ 0.00
3	Empacadora Tinoco	AVOTIN3456789	442321277	Carretera Año-Tecario sn	S/C	93000	Pablo Cuiñ	tinocoavocado@hotmail.com	\$ 0.00
Total									\$ 0.00

Figura 5 Reporte de empacadoras

Huertas "El Cincuenta 1" **Reporte Cortes** Fecha: 20-07-19

ID	Huerta	Empacadora	Fecha	Cajas	Toneladas	Abonos	Total	Saldo
1	El Cincuenta	Empacadora Oros	2019-04-12	250	500	\$ 100,000.00	\$ 700,000.00	\$ 600,000.00
2	El Cincuenta	Empacadora Oros	2019-04-11	50	100	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	\$ 0.00
3	El Puerto	Empacadora Oros	2019-04-16	55	555	\$ 5.00	\$ 5,595.00	\$ 5,550.00
4	El Cincuenta	Empacadora Oros	2019-05-23	5	23	\$ 0.00	\$ 23.00	\$ 23.00
5	El Puerto	Empacadora Oros	2019-05-23	6	65	\$ 0.00	\$ 65.00	\$ 65.00
Total						\$ 150,005.00	\$ 755,643.00	\$ 605,638.00

Figura 6 Reporte de cortes

En la Figura 7 se presenta la interfaz para acceder a los catálogos desde el dispositivo móvil.



Figura 7 Catálogos aplicación móvil

En la Figura 8 se presenta la consulta de los datos de una empacadora desde el dispositivo móvil.

Figura 8 Consulta individual de empacadora

Conclusiones

Al implementar las nuevas tecnologías en las huertas aguacateras, se puede obtener mayor confiabilidad en las tareas diarias que se realizan durante el cultivo, cosecha, administración y procesos de comercialización. Además, la plataforma brinda información de manera oportuna generando una mejora y crecimiento a las unidades productivas.

El seguimiento de los registros en todo el proceso productivo del aguacate, se pueden identificar puntos críticos en caso de presentarse una emergencia sanitaria y retirar los productos contaminados sin perjudicar al resto de la producción. También permite disponer de información relacionada con las tareas concernientes a las aplicaciones de fertilizantes, plaguicidas, dosis, fechas, problema a atender y responsables. Además, es posible obtener un listado de existencia de insumos, fechas de ingreso y salida, consultas de cosechas con responsables de mantenimiento y limpieza, fechas de entrega de la fruta, cantidad entregada y empacadora. Considerando lo anterior, se genera una eficiente trazabilidad de las actividades operativas que están involucradas en todo el proceso.

Para tener acceso a los sistemas informáticos desde cualquier escenario, es indispensable disponer de una eficiente cobertura a Internet, lo cual fue posible en este caso para comprobar el comportamiento de las aplicaciones y realizar las pruebas necesarias, contribuyendo a apoyar los procesos administrativos que se realizan en las huertas aguacateras.

La ingeniería de software permite extraer conocimiento de las actividades que se llevan a cabo en el campo, evitando pérdida de información y manteniendo un mejor control y trazabilidad, mejorando utilidades y reduciendo riesgos a la pérdida de capitales o destrucción de recursos naturales, ya que ayuda a mantener un control de las huertas a distancia por medio de las aplicaciones para dispositivos móviles.

Es posible reducir la brecha digital entre la resistencia de los agricultores al uso de los medios informáticos identificando los beneficios que la informática garantiza implementando además programas de formación al uso de la tecnología.

La plataforma desarrollada actualmente se encuentra en una fase de implantación y capacitación a usuarios. Por otra parte, este proyecto cubre el control administrativo de las aguacateras y puede ser adaptado a otro tipo de huertas. Adicionalmente se continuará con el desarrollo de software para integrar el análisis de datos en relación a los suelos en los cultivos por medio de un registro de datos histórico de los nutrientes.

Con el desarrollo del proyecto, se obtuvo experiencia en la implementación de la tecnología en la agricultura, misma que beneficia a los estudiantes de Ingeniería Informática en la línea de investigación "Ingeniería de software e infraestructura" con clave LGAC-2017-CDGU-IINF-19, fortaleciendo además el cuerpo académico "Algoritmos y optimización / Visión computacional, sistemas concurrentes y tecnologías de software" con clave ITCGUZ-CA-7.

Referencias

- Barrio, M. (2018). Internet de las cosas, Madrid, España: REUS
- Bautista, D. R., Parra-Valencia, J. A., & Guerrero, C. D. (2017). IOT: Una aproximación desde ciudad inteligente a universidad inteligente. *Revista Ingenio Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*, 13(1), 9-20.
- Bernal, F. C., Fernández, E. M., & Aparicio, G. G. (2019). Enfoque epistemológico del seguro agrario para la agricultura familiar en Bolivia. *Apthapi*, 5(1), 1517-1523.
- Calvo, A. C. (2019). 1259. Sector privado y sector público en la industria española de alta tecnología: Indra. *Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, (1).
- Channe, H., Kothari, S., & Kadam, D. (2015). Multidisciplinary model for smart agriculture using internet-of-things (IoT), sensors, cloud-computing, mobile-computing & big-data analysis. *Int. J. Computer Technology & Applications*, 6(3), 374-382.
- Faostat, F. A. O., & Production, A. C. (2016). Food and agriculture organization of the united nations, 2010. *Roma, Italy*.
- HÉRBUTERNE, S. (2018). Desarrolle una aplicación Android / Programación en Java con Android Studio. Barcelona, España: Ediciones ENI.
- Hugon, J. (2018). Desarrolle aplicaciones Windows con Visual Studio 2017. Barcelona, España: Editions ENI.
- Kriuchkova, E. R., Canteñs, G. L., & Cabrera, J. R. S. (2019). Mecatrónica en la universidad agrícola. Justificación de la especialidad en la Universidad Autónoma Chapingo, México. *Revista internacional de aprendizaje en ciencia, matemáticas y tecnología*, 6(1), 9-19.
- Melgarejo, J. (2019). Agua y economía circular.
- Méndez-Moreno, M., Quetz-Aguirre, G. M., Chuc-Armendáriz, M. B., Can-Cabrera, A. F., & González-Uscanga, I. U. Códigos de Respuesta Rápida para la Optimización de Lectura en la Industria Agrícola y Floral: Caso Teya. *AGROECOSISTEMAS TROPICALES*, 34.
- Microsoft (2019). Visual Studio 2019. Recuperado el 8 de Agosto de 2019 de <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/>
- Ramírez, E. Contreras, O. y Contreras, C. (2014). Programación móvil, recuperado el 31 de Julio de 2018 de <http://programacionmovilufps.blogspot.com/2014/11/que-es-la-programacion-la-programacion.html>
- Perez-Garcia, C. A. (2019). Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 13(2), 30-46.a

Pérez, M. P., & Reyes, J. C. (2019). La concentración y centralización del capital en la agricultura latinoamericana. Implicaciones para el campesinado/The Concentration and Centralization of Capital in Latin

Romero, C., & Amparo, R. (2019). Implementación de programas pre-requisitos de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) en la industria alimentaria a través de un software.

Sater, W. F. (2019). La agricultura chilena y la Guerra del Pacífico. revista historia, (16), 125149.

Trejo, D. (2018). Big data, una oportunidad de mejora en las organizaciones. México: DSA IyDA A.C.

Zarazaga F.J. (2017). Agricultura 4.0: Las tecnologías de la industria 4.0 aplicadas al campo. Recuperado el 8 de Agosto de 2019 de <https://www.geoslab.com/es/blog/agricultura-40-las-tecnologias-de-la-industria-40-aplicadas-al-campo>

Metodología para programar procesos con relevadores inteligentes

Methodology to program processes with intelligent relays

CÓRDOVA-ESCOBEDO, Jesús Fausto*†, TREJO-MOLINA, Francisco de Jesús, SALMERON-ORTIZ Mario Raúl y MENDOZA-GONZALEZ, Felipe

Universidad Veracruzana, Av. Universidad km 7.5, Coatzacoalcos, Veracruz, México, CP 96538

ID 1^{er} Autor: *Jesús Fausto, Córdoba-Escobedo* / ORC ID: 0000-0002-7456-6897, Researcher ID Thomson: S-6737-2018, CVU CONACYT ID: 511561

ID 1^{er} Cautor: *Francisco de Jesús, Trejo-Molina* / ORC ID: 0000-0002-6788-7211, Researcher ID Thomson: S-6926-2018, CVU CONACYT ID: 947275

ID 2^{do} Coautor: *Mario Raúl, Salmerón-Ortiz* / ORC ID: 0000-0003-3407-4203, Researcher ID Thomson: S-7660-2018, CVU CONACYT ID: 947275

ID 3^{er} Coautor: *Felipe, Mendoza-Gonzalez* / ORC ID: 0000-0003-1172-6782, Researcher ID Thomson: S-6747-2018, CVU CONACYT ID: 947336

DOI: 10.35429/JTD.2019.9.3.24.35

Recibido: 10 de Enero, 2019; Aceptado 30 de Marzo, 2019

Resumen

Objetivo: Diseño de una metodología tomando como base el aprendizaje basado en problemas, para programar relevadores inteligentes y solucionar problemas de automatización de procesos. Metodología que permitirá a estudiantes e ingenieros interesados en adquirir competencias teóricas, heurísticas y axiológicas sobre la programación de relevadores inteligentes. La metodología permitirá adquirir las competencias propuestas y se podrán resolver problemas de automatización de procesos. Contribución: Se diseña la metodología con ejercicios resueltos de ingeniería eléctrica, civil y mecánica, que permitan visualizar la importancia de aprender a programar procesos con relevadores inteligentes. La metodología contribuye a que el programador adquiera un pensamiento crítico considerando aspectos como el medio ambiente, la salud integral y la seguridad. Exista la transversalidad para relacionar programas Educativos de diferentes disciplinas y enriquecer los conocimientos de relevadores inteligentes desde la programación e interpretación de diagramas de bloques, diagramas de escalera y diagramas de tiempo, familiarizarse con el uso del lenguaje técnico y lenguaje digital (circuitos combinacionales y secuenciales. Seguir las indicaciones de seguridad y parámetros a manipular para el correcto funcionamiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos y establecer el funcionamiento del proceso.

Metodología, Programación, Relevadores Inteligentes

Abstract

Objective: Design of a methodology based on problem based learning, to program intelligent relays and solve process automation problems. Methodology that will allow students and engineers interested in acquiring theoretical, heuristic and axiological skills on intelligent relay programming. The methodology will allow to acquire the proposed competences and process automation problems can be solved. Contribution: The methodology is designed with solved exercises in electrical, civil and mechanical engineering, which allow us to visualize the importance of learning to program processes with intelligent relays. The methodology helps the programmer acquire a critical thinking considering aspects such as the environment, integral health and safety. There is transversality to relate Educational programs of different disciplines and enrich the knowledge of intelligent relays from the programming and interpretation of block diagrams, ladder diagrams and time diagrams, familiarize yourself with the use of technical language and digital language (combinational and sequential circuits Follow the safety instructions and parameters to be manipulated for the correct operation of the electrical and electronic devices and establish the operation of the process.

Methodology, Programming, Intelligent Relays

Citación: CÓRDOVA-ESCOBEDO, Jesús Fausto, TREJO-MOLINA, Francisco de Jesús, SALMERON-ORTIZ Mario Raúl y MENDOZA-GONZALEZ, Felipe. Metodología para programar procesos con relevadores inteligentes. Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-9: 24-35

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: fcordova@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En el año de 1760, en la Gran Bretaña, nace la revolución industrial, movimiento que se extiende por toda Europa y pronto por el mundo contribuyendo al avance científico y tecnológico, transformando lo económico, social cultural y que hasta el día de hoy se percibe. Estos cambios generaron un impresionante aumento de conocimientos en todas las ramas, tanto científicas como técnicas y sanitarias entre otras. Los cambios sociales más notables derivan en el crecimiento de las ciudades.

Durante este tiempo la implementación de maquinaria para facilitar los trabajos pesados o precisos fue común, pues remplazaba al ser humano en tareas específicas que por sus limitaciones físicas, no podía realizar. Las limitaciones más comunes son la fuerza, el hambre, el sueño y la concentración. El ser humano no debe ser expuesto a tanto esfuerzo puesto que atenta a su vida y se refleja en un trabajo deficiente. A finales de 1960, las industrias buscaban la manera de mantener un mejor control tanto de personal como de calidad y la encontraron en los circuitos eléctricos, que tomo como base los relés, interruptores y la lógica combinatorial para su funcionamiento, dando nacimiento a los relevadores inteligentes.

Un relevador inteligente o micro PLC (controlador lógico programable), está diseñado para cumplir con la ejecución de secuencias lógicas y secuenciales programables para sistemas que requieren de automatización, volviéndolo un equipo con indeterminadas aplicaciones que se desarrollan dentro de la industria, universidades y hasta en el hogar. Entre sus usos más populares se encuentran el control de flujo, nivel, temperatura y presión, parámetros importantes a mantener dentro de la industria para la eliminación de fallos en el producto de salida.

Otro uso popular es la domótica, la cual se encarga de proporcionar comodidad, seguridad, calidad del servicio eléctrico, ahorro de energía, contribuyendo a un ahorro económico que se refleja a mediano o largo plazo tanto en residencias, industrias u oficinas. Actualmente las TIC y la implementación de nuevas tecnologías facilitan la programación e instalación de relevadores inteligentes en procesos industriales que requieran ser automatizados.

La metodología propuesta servirá al ingeniero a adquirir competencias de como programar relevadores inteligentes para automatizar procesos. Procesos que serán más seguros, precisos y exactos, brindando mayor confiabilidad de operación a la planta.

Metodología

La Taxonomía de Bloom es un sistema de clasificación educativa que contribuye a establecer niveles cognitivos a los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos niveles cognitivos son: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, diseño, síntesis y evaluación. Tomando como base esta taxonomía se establece un orden de cómo programar relevadores inteligentes para sus diversas aplicaciones, ya sea en la industria, transporte, invernaderos, hogar entre otros. En primera instancia, se necesita conocer y comprender el principio de funcionamiento de los dispositivos y periféricos de los relevadores inteligentes, herramientas e instrumentos a los que se hacen referencia en su campo laboral.

Esto permitirá pasar al siguiente nivel, que consiste en saber dónde, cómo y cuándo se pueden aplicar los dispositivos mencionados en los procesos a automatizar. En esta fase las investigaciones son importantes, desde consultar libros, publicaciones y manuales de los diversos fabricantes de los relevadores inteligentes, hasta conocer las consideraciones que debe cubrir con respecto al proceso que vaya a automatizar. Las competencias que se deben desarrollar en esta fase permite conocer los siguientes parámetros: instrumentación a utilizar, que elementos conforman un sistema automático con relevadores inteligentes, características del sistema eléctrico, principio de operación de electrónica digital y uso de lenguajes de programación de los relevadores inteligentes.

La instrumentación considera que en todo proceso existen variables a medir y controlar, de ahí la importancia de conocer estos parámetros y su relevancia en la automatización de procesos. En el espacio dedicado a la electricidad, es importante saber cómo trabajan y se conectan los componentes electromagnéticos y su interacción con la electrónica de potencia como el uso de arrancadores para motores trifásicos. Las variables analógicas y digitales ayudan a diferenciar las entradas y salidas del relevador inteligente por lo que es indispensable este conocimiento.

Un aspecto vital para la manipulación de los relevadores inteligentes es saber cómo funciona la lógica de su software, que toma como base la electrónica digital para el diseño de diagramas de bloque combinacionales-secuenciales y que normalmente permiten convertir a diagramas de escalera y viceversa. En la fase de aplicación del relevador inteligente, debe quedar claro el alcance y limitaciones de la programación de los relevadores inteligentes y como estos pueden ayudar a solucionar procesos que requieran ser automatizados con relevadores inteligentes.

Continuando con la clasificación de Bloom es importante analizar y diseñar programas que permitan simular el relevador inteligente para dar solución a problemas de automatización del mundo real. Es importante que en esta fase ya se domine el uso de softwares, diagramas y simbologías del sistema a automatizar con micro PLC. Un diagrama de bloques es la forma de representar gráficamente la función de un proceso y dependiendo de la rama de aplicación se debe familiarizar con las simbologías y procesos del área de aplicación como la ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica e ingeniería civil, por ejemplo.

Las simbologías normalmente son estandarizadas por organismos como LA IEEE, ISO, ANSI, para desvanecer las barreras del idioma y facilitar el diseño de los modelos o diagramas a nivel internacional. Las estandarizaciones aceleran el proceso de aprendizaje al servir de guía. Los diagramas que se pueden aplicar en la programación de relevadores inteligentes son el diagrama de escalera y el diagrama de funciones, sin embargo, al haber parámetros de tiempo incluidos en los procesos, se debe agregar un diagrama conocido como diagrama de tiempos.

Para programar, se necesita diseñar un algoritmo casi siempre con el software y licencia otorgado por el fabricante que permite la inserción de variables de entrada y salida, así como el diseño de la lógica del micro PLC, que se puede simular para garantizar la efectividad del programa.

La cantidad de entradas físicas, salidas físicas y virtuales pueden cambiar con respecto a los relevadores inteligentes presentes en el software, así como el modelo del micro PLC y las interfaces que se le conectan, por esto es importante leer los manuales de operación y mantenerse al tanto del estado del arte de este tipo de equipo, pues esto determina si la inversión es la adecuada y si puede cumplir con las características que se requieren a la hora de programar y automatizar procesos con relevadores inteligentes.

Parametrización

Los parámetros de instrumentación son los valores que arrojan elementos de mediciones ocasionados por los cambios físicos y químicos que se pueden presentar en los elementos, sustancias o infraestructuras por alteraciones en su proceso. El programador de relevadores inteligentes debe conocer los parámetros eléctricos de conexión del equipo, así como el principio de operación de los dispositivos periféricos que contribuyen a la automatización de procesos como los arrancadores, conexión de motores, tipos de arranques, variadores de velocidad, etc.

Parametrizar significa que debe estar capacitado para manejar relevadores inteligentes y todos los componentes que los integran como el conocimiento de la electrónica de potencia y electrónica digital, esta última toma como base el sistema binario, que consiste en la aplicación de unos y ceros como condición lógica, lo que significa que solo existen métodos de control con dos tipos de condiciones de operación: on/off. Esto permite manipular compuertas lógicas combinacionales con métodos como los mapas de karnaugh y la lógica secuencial para automatizar procesos como una secuencia de semáforos para el control de viabilidad de una ciudad.

La comprensión del funcionamiento del software con el que cuentan los relevadores inteligentes permiten la programación y simulación en el entorno que lo conforma como el uso de las compuertas lógicas, temporizadores, generadores de señal, contactos de salidas, relevadores, entradas digitales y analógicas, registros de desplazamiento, contadores, transferencia del programa del software al micro PLC y viceversa.

Lo anterior permite evaluar cuando, donde y como interacciona el micro PLC con los circuitos eléctricos, elementos electromagnéticos, dispositivos electrónicos, técnicas de medición y protecciones a sistemas de potencia. Es importante resaltar que evaluar sistemas depende del montaje y aplicación del relevador inteligente. La evaluación del proceso automatizado se puede lograr al simular el programa diseñado y corroborar el correcto funcionamiento de los diagramas de bloques a través de los softwares de los relevadores inteligentes. Esta evaluación permite tomar la decisión de si es factible llevar a cabo el proyecto de automatización a nivel físico para solucionar problemas del mundo real, considerando aspectos como el económico social y medio ambiente.

Diagramas

El diagrama de escalera se trata de una representación gráfica de elementos conectados en una línea inicial y donde cada salida, ya sea física o virtual, representa el final de esta, lo que le da el nombre de escalera porque cuando más líneas tiene más escalones. Estas líneas muestran el paso de la corriente eléctrica por los elementos presentes en un circuito eléctrico que manejan los estados lógicos on y off. Por lo general, se utilizan este tipo de diagramas en procesos donde el programador solo sabe de principios de electricidad como los diagramas de escalera para el control de motores.

El diagrama de funciones o de bloques, se representa de manera gráfica como un circuito de diagrama lógico booleano (compuertas lógicas), la particularidad de este diagrama es la sencillez de la simbología y conexiones a modo de bloques, siendo una óptima herramienta de diseño por medio de las funciones obtenidas y que se quieren desarrollar. Las funciones pueden obtenerse con mapas de Karnaugh, teoremas, tablas de verdad, métodos secuenciales. El diagrama de tiempos toma como base los estados lógicos de las salidas y entradas, que permite interpretar los requerimientos del usuario plasmados en un registro. Estos requerimientos son las acciones que se esperan de las salidas con respecto a la manipulación de entradas y al proceso a realizar con respecto al tiempo, lo que hace al temporizador el dispositivo más importante para la elaboración de este tipo de diagrama. Los softwares pueden convertir un diagrama de escalera en diagrama de bloques de funciones y viceversa.

Programación

Para programar, se necesita de un software capaz de crear, simular y transferir diagramas de bloques y diagramas de escalera de una computadora a un relevador inteligente y viceversa. Este software normalmente viene con el relevador inteligente que vende el fabricante acompañado de un cable de interfaz entre PC y micro-PLC. Antes de programar es recomendable generar el algoritmo preferentemente en un diagrama de tiempos, para saber los requerimientos del proceso a automatizar. Por lo general, el empleador, ya sea de una industria, fábrica, ensambladora, escuela, gobierno entre otros, proporciona las instrucciones que debe tener el sistema para operar bajo sus necesidades.

En caso de que el empleador no proporcione las instrucciones de operación o que se realice un proyecto a modo de venta, el ingeniero, antes de comenzar a programar, necesita consultar cuáles son los parámetros inherentes al sistema y qué elementos se encuentran presentes, de esta manera se obtienen las entradas y salidas con las que el sistema cuenta. Los circuitos eléctricos instalados en el proceso, ayudan al lector a sentar las bases para la programación utilizando diagramas de bloques de funciones o diagramas de escalera, por ejemplo, en un circuito serie, todas las cargas conectadas deben estar operando para que el sistema pueda funcionar correctamente.

Si existe alguna apertura en el circuito ya sea por un interruptor o una carga no deseada el sistema entra en falla, este no operará y puede emitir una señal de alarma o acción correctiva. Este comportamiento equivale a una compuerta lógica AND. En un circuito en paralelo, si alguno de los nodos se encuentra abierto, la carga seguirá operando. En el caso de que todos los nodos se encuentren abiertos, la carga en el circuito deja de operar. Este comportamiento equivale al de una compuerta OR. Las compuertas complementarias se pueden interpretar como interruptores o entradas cuyo valor en simulación es 1, de esta forma si el interruptor se encuentra abierto, su interpretación en estado lógico es 0 y si se encuentra cerrado, su interpretación es 1. A continuación, se muestra la transversalidad de los circuitos eléctricos con los diagramas estandarizados mostrados en este trabajo.

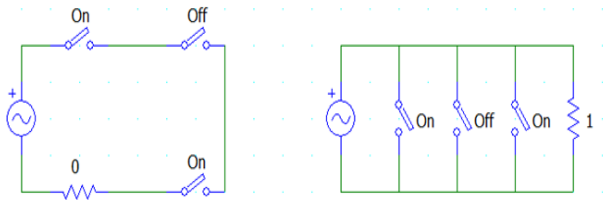


Figura 1 Ejemplo de circuito serie (izquierda) y paralelo (derecha) utilizando interruptores

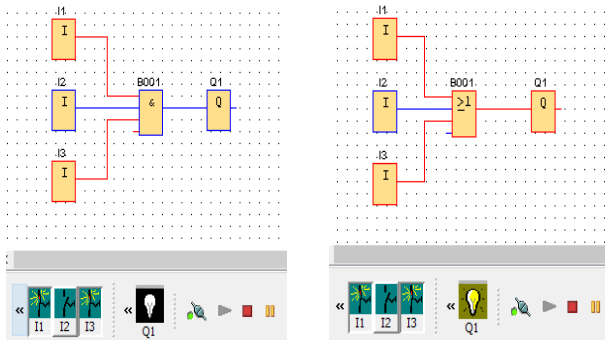


Figura 2 Ejemplo de circuito serie (izquierda) y paralelo (derecha) utilizando diagramas de bloques de funciones. Diagrama generado con el software de Logo Siemens

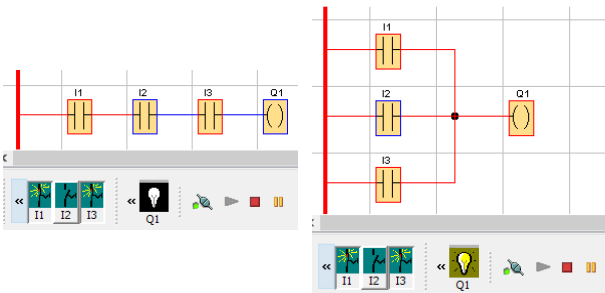


Figura 3 Ejemplo de circuito serie (izquierda) y paralelo (derecha) utilizando diagramas de escalera Diagrama generado con el software de Logo Siemens

Es recomendable, antes de programar, tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Conocer las reglas y sintaxis del lenguaje técnico y parámetros a manipular.
2. Entender el funcionamiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos.
3. Familiarizarse con el lenguaje digital y poder interpretar la simbología pertinente (diagramas de bloques y escalera).
4. Entender el funcionamiento del proceso y visualizar las posibles ramas de la ingeniería que requieran transversalidad.
5. Ser crítico y reflexivo al momento de identificar los parámetros en el algoritmo y determinar las entradas y salidas físicas.

6. En caso de ser un circuito secuencial, elaborar un diagrama de tiempos y considerar el uso de temporizadores y banderas.
7. Determinar el tipo de diagrama a emplear. (De escalera o de bloques) y ajustar y simular diferentes valores del algoritmo para obtener una caracterización del proceso.
8. Simular y Conectar los elementos al micro PLC.

Observaciones

En caso de que la automatización de un proceso se realice con base a los elementos que una empresa posea y no con los que el programador recomiende, los datos que se establecen en las actividades de programación deben estar acorde a los parámetros demandados por el comprador del programa a partir de las características técnicas que pueda poseer la maquinaria a implementar, así como los datos que el mismo programador debe determinar por cálculo. Al comprobarse que el análisis tanto de simulaciones como de tiempos demuestra el funcionamiento esperado a lo especificado, se determina que el programa es el adecuado según los requerimientos del comprador. La carta de tiempos adquiere importancia y debe ser firmada por empresa-programador, para evidenciar que el programa es resultado de lo solicitado.

Intenciones Formativas

1. Que el ingeniero sea capaz de seguir una metodología para guiarse en el proceso de programación de relevadores inteligentes.
2. Que adquiera un pensamiento lógico, crítico y reflexivo de lo que cada elemento puede realizar y cómo puede usarlos a su favor, al automatizar un proceso considerando aspectos económicos, sociales y del medio ambiente.
3. Que pueda proponer, programar y simular sus propios proyectos.

Casos de Automatización de Procesos

A continuación, se muestran casos de automatización de procesos a modo de ejemplo de uso de la metodología aplicados al área de ingeniería mecánica (control de bombas), ingeniería eléctrica (control de semáforos) e ingeniería civil (elaboración de concreto)

Manipulación de bombas

Una planta de tratamiento de agua requiere implementar 6 bombas para ser abastecida de agua del río uxpanapan. La función que cumplirán las bombas será: Que exista un momento donde todas las bombas estén apagadas. Que exista un momento donde solo operen las bombas 1 y 2. Que exista un momento donde solo operen las bombas 3 y 4. Que exista un momento donde solo las bombas 5 y 6 estén encendidas. Que exista un momento donde las bombas 1, 2, 3 y 4 se encuentren encendidas. Que exista un momento donde las bombas 1, 2, 5 y 6 se encuentren encendidas.

Que exista un momento donde las bombas 3, 4, 5 y 6 se encuentren encendidas. Que exista un momento donde todas las bombas se encuentren encendidas. Para determinar la cantidad de entradas que se necesitan, es preciso conocer la cantidad de combinaciones que se pueden obtener a partir del problema, en este caso son 8. Se puede determinar la cantidad de entradas, sabiendo que $entradas = 2^n$, donde "n" nos indicará el máximo de combinaciones, al resolver la función, $entradas = 2^3$ n = 3.

Conociendo la cantidad de entradas, salidas y combinaciones, se vacía la información en una tabla de verdad. El orden mostrado a continuación es para mostrar las combinaciones solicitadas de las bombas en una tabla de verdad donde 1 indica bomba encendida, 0 bomba apagada, Q = salidas para bombas. Tabla de verdad de manipulación de Bombas

Entradas		Bombas					
CBA	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
000	0	0	0	0	0	0	
001	1	1	0	0	0	0	
010	0	0	1	1	0	0	
011	0	0	0	0	1	1	
100	1	1	1	1	0	0	
101	1	1	0	0	1	1	
110	0	0	1	1	1	1	
111	1	1	1	1	1	1	

Para obtener la función Booleana de cada salida, utilizamos mapas de Karnaugh., se vacían los datos de la siguiente manera: Se colocan dentro del mapa los valores de Q1 cuyo estado lógico es 1. Los cuadrados que se encuentren vacíos pueden rellenarse con el estado lógico 0.

$001 = 1 \quad 100 = 1 \quad 101 = 1 \quad 111 = 1$

Mapa de Q1

C\BA	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	1	1	1	0

De esta manera obtenemos

$Q1 = \underline{A}\underline{B} + AC + \underline{B}C$

Estos pasos se repiten con cada una de las siguientes salidas, de esta forma obtenemos:

$Q1 = Q2 = \underline{A}\underline{B} + AC + \underline{B}C$

$Q3 = Q4 = \underline{A}\underline{B} + \underline{A}C + BC$

$Q5 = Q6 = AB + AC + BC$

Obtenidas las funciones, la elaboración del programa se lleva a cabo en el software del relevador inteligente considerando introducir las entradas y salidas. Este ejercicio cuenta con tres entradas y seis salidas físicas. Para designar las entradas, A equivaldrá a I1, B a I2 y C a I3, también se deben de implementar las funciones obtenidas, de esta forma, se obtiene el siguiente diagrama

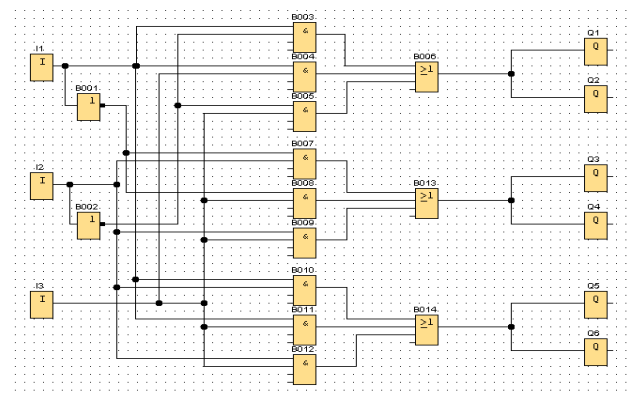
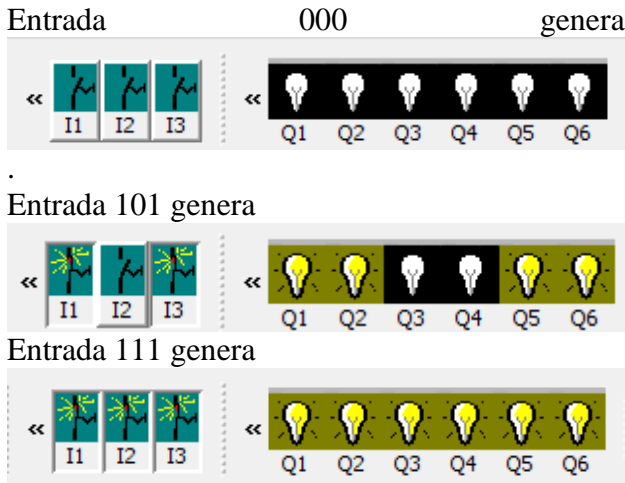


Figura 4 Conexión de compuertas lógicas para el control de bombas

Para verificar que el circuito funciona adecuadamente y cumple con la tabla de verdad, se procede a realizar la simulación, simulación que se puede ejecutar desde el software y muestra lo siguiente dependiendo las combinaciones de entrada, por ejemplo:



De esta forma se procede a transferir el programa al relevador inteligente y proceder a la interconexión física de los elementos involucrados en la automatización del proceso. Se debe tomar en cuenta las condiciones de operación para elaborar los programas de mantenimiento preventivo y medidas de contingencia, como las funciones de desconexión de las bombas.

Control de semáforo

Se requiere colocar un semáforo de tres etapas siguiendo estas instrucciones: Para iniciar el proceso, se debe pulsar un botón de encendido. Una vez encendido el circuito, se deben cumplir estas condiciones: Se debe encender la luz color verde 15 segundos, pasados 15 segundos, la luz verde se apaga y la luz ámbar se enciende por 5 segundos, pasados 5 segundos, la luz ámbar se apaga y la luz roja se enciende por 20 segundos, pasados 20 segundos, la luz roja se apaga y la luz verde se enciende una vez más, repitiendo así el ciclo hasta que se interrumpa el proceso por un botón de paro.

El primer paso es determinar cuántas entradas y salidas existen. En este ejemplo existen dos entradas físicas (arranque y paro) y tres salidas físicas (luz verde, ámbar y roja). En este ejercicio donde los parámetros ya han sido establecidos los elementos deben integrarse en un diagrama de tiempos de la siguiente manera:

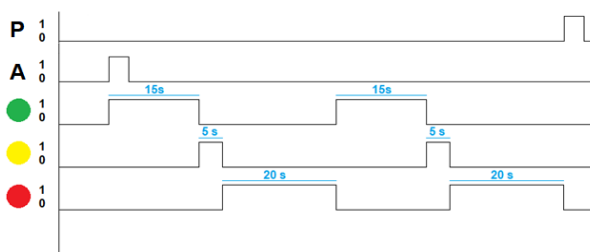


Figura 5 Diagrama de tiempos del semáforo

Se procede a elaborar un diagrama de escalera con los elementos de entrada y salida, así el arranque será I1, paro I2, luz verde Q1, luz ámbar Q2 y luz roja Q3.

Para determinar las funciones de los temporizadores se establece:

El temporizador (T001) apagar a Q1, el temporizador (T002) debe encenderse cuando el primer temporizador opera y debe apagar a Q2 cuando opere. El tercer temporizador (T003) debe encenderse cuando el segundo temporizador opera y debe apagar a Q3 cuando opere. Este mismo debe encender a Q1 para reiniciar el proceso.

La cantidad de temporizadores a emplear debe ser tres, por tanto, los elementos presentes en el sistema son los siguientes:

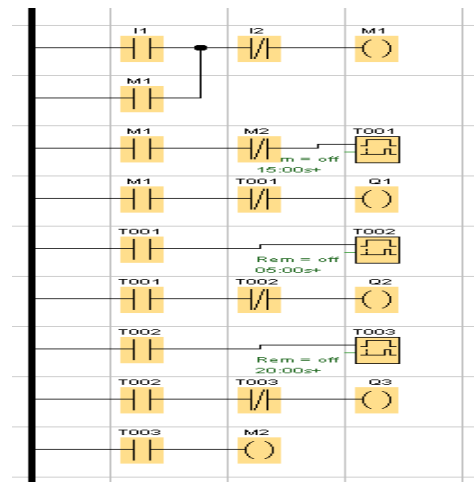
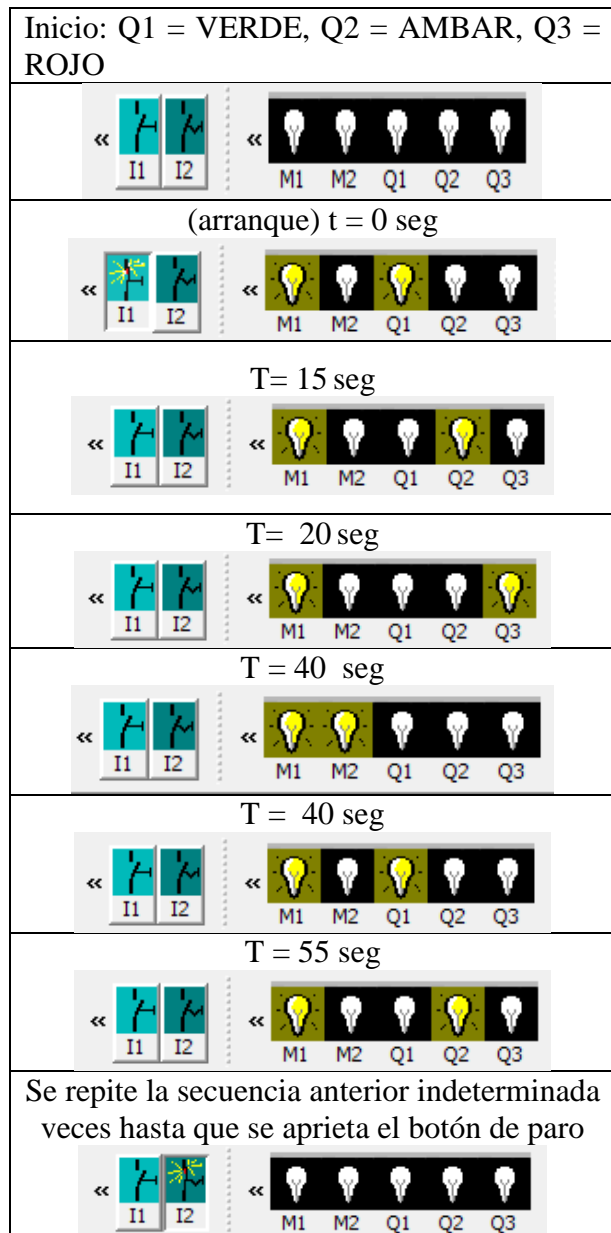


Figura 6 Diagrama de escalera propuesto para el control de tráfico, software logo de siemens

La simulación se puede ejecutar estableciendo diferentes parámetros de tiempo a los temporizadores. Esta acción da certeza al usuario de que el programa funciona de acuerdo a lo solicitado, demostrando que el programa de señal de control de tránsito cumple su propósito para posteriormente transferir el programa al micro-PLC y realizar las interconexiones físicas de los elementos. Las siguientes figuras muestran la secuencia de simulación:

Simulación de proceso secuencial



Elaboración de concreto

Se requiere automatizar un proceso para elaborar concreto. La característica final del producto es que debe contar con una resistencia a la compresión de 300 kg/cm^2 , para un tamaño máximo de 20mm utilizando bultos de cemento Portland. El proceso debe funcionar de la siguiente manera:

Al iniciar el proceso, una tolva debe dejar caer el cemento a la mezcladora. Una vez arrojado el cemento, se debe arrojar la grava y la arena al mismo tiempo. Agregada la arena y la grava se requiere suministrar agua desde un tanque. Tras añadir los elementos, se debe mezclar por un cierto tiempo. Al terminar de mezclar, se debe vaciar el concreto. Datos técnicos: El suministro de agua se da por una bomba marca Hasa modelo HMI Inox 304.

Se mezcla con una revolvedora de concreto Hamac modelo Twin Shaft JS500. En este caso de automatización no existen valores de tiempos, pero existen valores para la elaboración del concreto y datos técnicos proporcionados por los equipos a implementar. El ingeniero debe determinar a partir de las consideraciones técnicas de qué manera debe funcionar el programa. Es común en las industrias que el especialista del área, determine las condiciones del trabajo a realizar, que cambian por el lugar del trabajo por factores como la humedad, temperatura, contaminación, presión atmosférica, ph del agua etc. Para automatizar un proceso como este, se requiere del uso de temporizadores para el suministro del agua y para el mezclado del concreto. En el caso del agua se exige una cantidad específica de volumen para el proceso y está en tanques de almacenamiento. Es necesario determinar el tiempo que va a tardar la bomba en liberar la cantidad necesaria.

En el caso de la mezcladora, no existe un tiempo de mezclado, sino una cantidad de revoluciones por las que debe pasar el concreto, por lo que se debe calcular, con respecto a las revoluciones por minuto (rpm) de la mezcladora, cuánto tiempo va a tardar en dar las revoluciones necesarias para obtener la consistencia esperada. Se debe formar un algoritmo que cumpla con las características solicitadas con las funciones de arranque y paro para proteger al usuario y al sistema. Inicia el proceso con el botón de arranque para encender la tolva 1. Una vez abierta la tolva 1, se deben abrir las tolvas 2 y 3, sin embargo, esto puede provocar un accidente al dejar caer tanto material en un periodo virtualmente inmediato, es preferible que las tolvas 2 y 3 se abran gradualmente después de un cierto tiempo.

De igual manera, en caso de que un cuerpo extraño caiga a la mezcladora, se requiere poder pausar el proceso con un botón de paro. Esto significa que se debe conectar un temporizador a la entrada de las tolvas y agregar un interruptor NC como entrada al temporizador. Después de operar a la tolva 2 y 3, se requiere suministrar agua. Como se requiere de una cantidad específica de agua para la obtención del concreto a 300 kg/cm^2 . Se debe determinar el tiempo dada la presión con la que sale el agua.

Debido a que este proceso no puede verse alterado por ninguna circunstancia, no se coloca un botón de pausa en esta parte del programa, pues de existir, el temporizador reiniciará su proceso y se suministrará más agua de la necesaria, afectando al producto de salida. Vertida el agua, se debe comprobar que no existan cuerpos extraños en la mezcladora, por lo que debe darse un lapso breve para corroborar. Una vez pasado este tiempo, se debe encender la mezcladora. De igual forma, para brindar más seguridad al sistema y brindar un mayor ahorro de energía, puede finalizar el mezclado como un corte de suministro eléctrico.

Diseñado el algoritmo, se sabe que existen cuatro entradas físicas (arranque, paro y dos pausas) y cinco salidas físicas (tolvas 1, 2 y 3, bomba y mezcladora). El siguiente paso es elaborar el diagrama de tiempos, asignando los valores a cada proceso. Los procesos de vaciado e inspección del contenido en las tolvas 1, 2 y 3, así como la inspección del contenido dentro de la mezcladora después de suministrar el agua, requiere un tiempo de 10 segundos. Para calcular cuántos segundos se requiere dejar encendida la bomba del agua, se deben considerar el gasto de la bomba y la cantidad de agua que se debe utilizar en la mezcla.

El concreto debe tener una resistencia a la compresión de 300 kg/cm² a 20 mm, por tanto, la cantidad de agua es de 23 litros. La siguiente tabla permite conocer el tiempo de mezclado.

Capacidad de la mezcladora m ³	Tiempo de mezclado, en minutos, según el American Concrete Institute
0.8	1
1.5	1 ¼
2.3	1 ½
3.1	1 ¾
3.8	2
4.6	2 ¼
7.6	3 ¾

Tabla 2 Tiempo de mezclado con respecto a la capacidad de la revoladora Fuente: Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (2015). Fabricación del concreto con mezcladora. El Salvador. Laboratorio de materiales de construcción

La bomba tiene los siguientes datos técnicos: Bomba marca Hasa modelo HMI Inox 304. De estos datos, se toma el caudal y se obtiene la cantidad de litros por segundo:

$$Q=8100 \text{ L/h} = 8100 \text{ l/h} * 1/3600 \text{ h/s}; Q=2.25 \text{ L/s}$$

Si requerimos de 23 litros, entonces:

$$t=23/2.25 \text{ L/L/s}; t=10.22 \text{ s}$$

El temporizador debe estar configurado a 10.22 segundos para suministrar la cantidad de agua necesaria. Para calcular cuántos segundos se debe mezclar el concreto, es preciso considerar cuántas revoluciones por minuto proporciona la mezcladora. La tabla 1, muestra cuánto tiempo se debe de mezclar el concreto si se supone una rotación de 20 rpm. La capacidad máxima de la mezcladora es de 800 L. Si consideramos que: $1L=0.001M^3$, Entonces: $800L=800 * 0.001m^3$, $800L=0.8m^3$

Esto es igual a la capacidad mínima de la tabla 1, donde la cantidad de tiempo es equivalente a 1 minuto, sin embargo, es de recordar que la tabla es para maquinas cuya velocidad es de 20 rpm y esta mezcladora es de 35 rpm, entonces, se establece el tiempo a 20 revoluciones, aplicando una regla de tres:

$$t=20 \text{ rpm}$$

$$60 \text{ s}=35 \text{ rpm}$$

$$t=(20 \text{ rpm} * 60 \text{ s}) / 35 \text{ rpm}$$

$$t=34.28 \text{ s}$$

Una vez determinados los parámetros de tiempo, estos deben integrarse en un diagrama de tiempos como el siguiente:

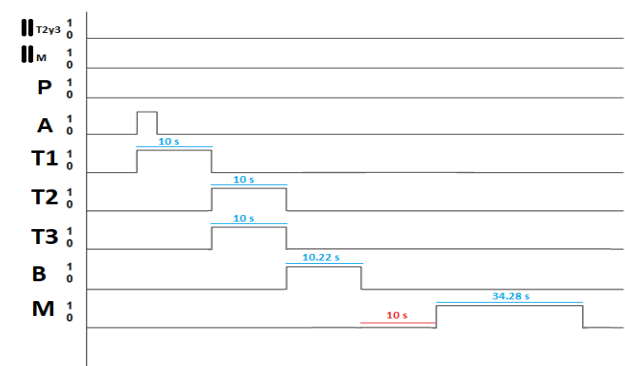


Figura 7 Diagrama de tiempos propuesto para la elaboración de concreto

Los elementos de entrada y salida adquieren los nombres siguientes: arranque(A) = I1, (P) paro/pausa 1 = I2, pausa 2 (IIT2y3) = I3, pausa 3 (IIM) = I4, tolva 1 (T1) = Q1, tolva 2 (T2) = Q2, tolva 3 (T3) = Q3, bomba (B) =Q4 y mezcladora (M) =Q5.

Para determinar cuántos temporizadores deben emplearse se requiere saber qué función realizara cada temporizador:

El temporizador (T001) debe apagar a Q1.

El temporizador (T002) debe encenderse cuando el temporizador (T001) opere y debe apagar a Q2 y Q3 cuando opere.

El temporizador (T003) debe encenderse cuando el segundo temporizador opera y debe apagar a Q4 cuando opere.

El cuarto temporizador (T004) debe encenderse cuando el tercer temporizador opera y debe mantener un tiempo para que comience a funcionar Q5. El quinto temporizador (T005) debe encenderse cuando el cuarto temporizador opera y debe apagar a Q5 dada una marca cuando opere. Este mismo debe parar el proceso al desenergizar el sistema. Así la cantidad de temporizadores a emplear debe ser de cinco, con los siguientes elementos:

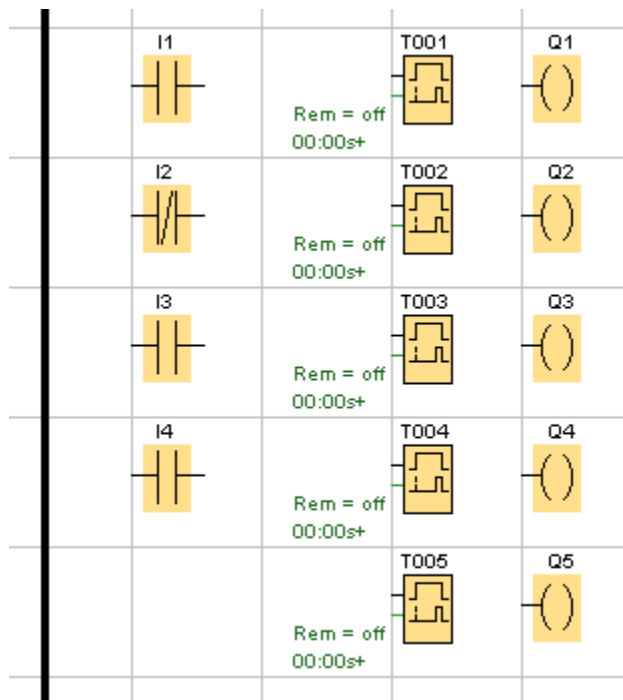


Figura 8 Elementos necesarios para diseñar el circuito de automatización de concreto

Una vez establecidos los elementos se realiza el siguiente diagrama de escalera que cumple con las condiciones para automatizar el proceso de elaboración de concreto quedando de la siguiente manera;

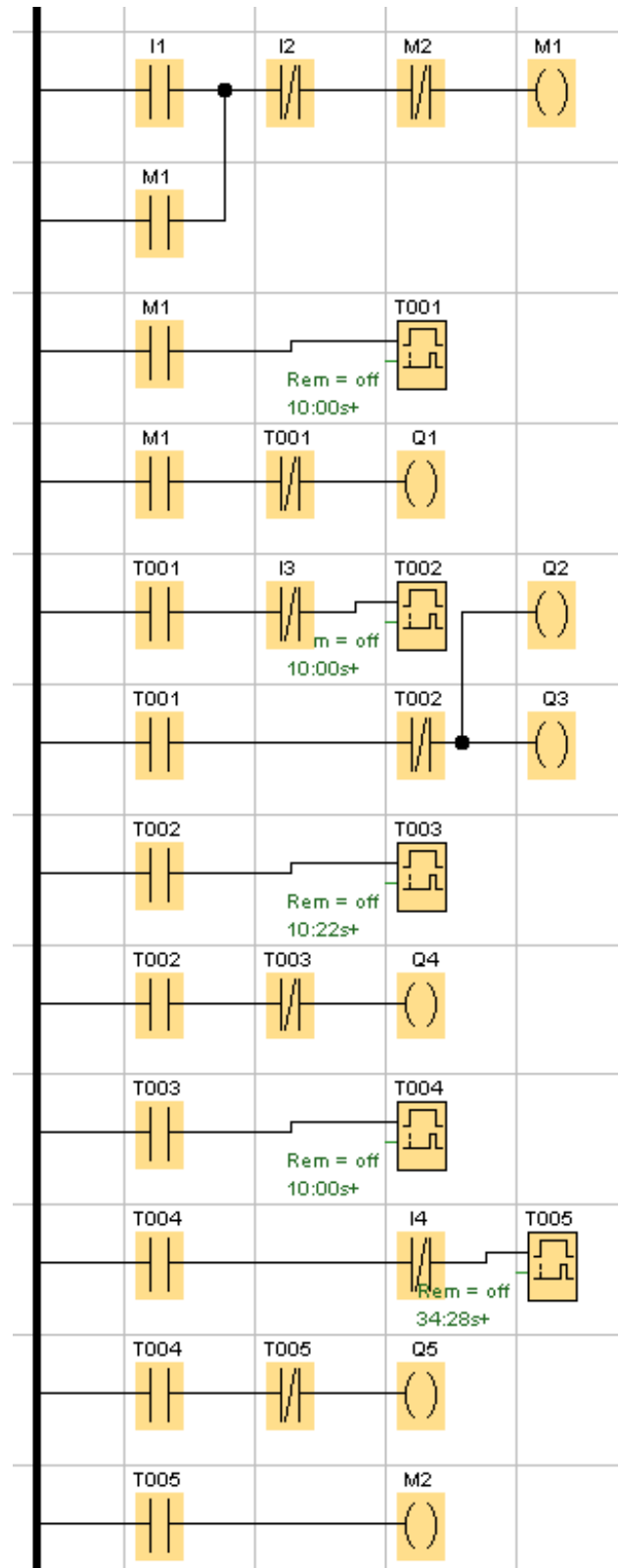
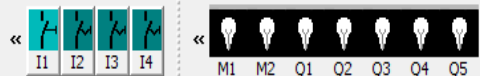

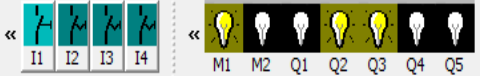
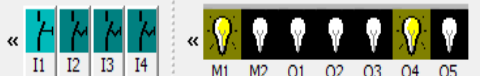



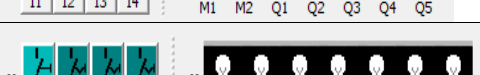


Figura 9 Circuito final propuesto para la elaboración de concreto

Estos datos se establecen acorde a los parámetros demandados por el comprador del programa a partir de las características técnicas que poseen las maquinarias y por los datos pulidos por el mismo programador.

Al comprobarse que el análisis tanto de simulaciones como de tiempos demuestra el funcionamiento esperado a lo especificado, se determina que el programa es el adecuado según las especificaciones del comprador. A continuación, se muestra la simulación realizada:

Simulación	
T0 ⁻	«  »
T0 ⁺	«  »
T10 ⁺	«  »
T20 ⁺	«  »
T30.22 ⁺	«  »
T40.22 ⁺	«  »
T1.14.5	«  »
paro	«  »

Agradecimiento

Se agradece a los cuerpos académicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana campus Coatzacoalcos en especial al Cuerpo Académico en formación en Educación y Sustentabilidad para el desarrollo de una ingeniería integral.

Conclusiones

Los casos de automatización desarrollados, permitió demostrar la importancia y ventajas de seguir una metodología para automatizar procesos con relevadores inteligentes.

La metodología desarrollada también permite que el programador adquiriera un pensamiento crítico y reflexivo considerando aspectos como el medio ambiente, la salud integral, la seguridad, aspectos técnicos de los equipos, la operatividad de procesos, la transversalidad de conocimientos entre ingenierías.

La metodología propuesta enriquece los conocimientos sobre programación que toma como base los diagramas de bloques y diagramas de escalera.

El aprendizaje esperado es:

1. Comprender el lenguaje técnico.
2. Reconocer las indicaciones de seguridad.
3. Conocer los parámetros a manipular.
4. Entender el funcionamiento de los dispositivos eléctricos.
5. Familiarizarse con el lenguaje digital.
6. Interpretar la simbología del proceso a automatizar.
7. Establecer el funcionamiento del proceso con relevadores inteligentes.
8. Relacionar conocimientos con otras ramas de la ingeniería.

Adquirir la competencia de automatizar procesos con relevadores inteligentes, permitirá al ingeniero ofrecer soluciones a problemas de la vida real en diversas áreas de la sociedad, educación e industrias para el bien de México.

Referencias

- [1] ABB (2014). Plataforma de automatización AC500, Suiza: Asea Brown Boveri.
- [2] Aguilera Martínez, P. (2002). Programación de PLC's. Universidad Autónoma de Nuevo
- [3] Allen Bradley (2008). Manual del usuario: Controladores programables PLC-5 1785 clásicos, USA: Rockwell Automation.
- [4] Allen Bradley (2008). Referencia del conjunto de instrucciones: Controladores programables PLC-5, USA: Rockwell Automation.
- [5] Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (2012). Consulta de normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Salud en el Trabajo. México, Distrito Federal: Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Recuperado de: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/ConsultaNoms.aspx>
- [6] Avilés Sánchez, A; De los Santos Ventura, I; Hernández Zapiain, J; Martínez Castañeda, S. (2009). Manual técnico de PLC Siemens LOGO 230RC.

- [7] Bloom Benjamin, S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*, New York; Toronto: Longmans, Green.
- [8] Bombas Hasa (2018). *Catálogo general 2018*, España: Bombas Hasa.
- [9] Borrero, J. D. (2019). Sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentario para cooperativas de frutas y hortalizas basado en la tecnología Blockchain. CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa, (95), 71-94.
- [10] Boscán Añes, L. (2010). Diseño de un sistema de control mediante PLC para las Instalaciones de aire acondicionado central (agua Helada) e iluminación de un edificio de laboratorio. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [11] Carreño Guerra, V. J. (2019). Diseño de un sistema de seguridad con sensores, llamada telefónica y envío de mensajes de texto, para la seguridad de una tienda de dispositivos móviles en la ciudad de Huaraz del año 2018.
- [12] Cemex (2015). *Manual del constructor*. México: Cemex. Recuperado de: <https://www.cemexmexico.com/documents/27057941/45587277/aplicaciones-manual-construccion-general.pdf/>
- [13] Morris Mano, M. (2003). *Diseño Digital*, México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [14] Nicholson, M. (2017). *IEC Symbols Guide*. United Kingdom: White Paper. Recuperado de: <https://www.cadlinecommunity.co.uk/hc/en-us/articles/115001035389-AutoCAD-Electrical-2017-IEC-Symbols-Guide>
- [15] Puentes, B. (2015). *Elementos de control electromagnético*. México: Prezi. Recuperado de: https://prezi.com/kozvbqi_irvj/elementos-de-control-electromagnetico/
- [16] Quispe Quispe, M. (2014). Diseño de un controlador de proceso industrial utilizando controladores lógico-programables de Siemens/Simatic-s7 interactuando con la planta virtual ITS y monitorización SCADA. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- [17] Sánchez, I., & Silid, G. (2019). Análisis y selección de equipos para implementar un laboratorio de domótica en la escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo.
- [18] Siemens (2009). *Controlador programable S7-1200*, Nuremberg: Geschaeftsgebiet Industrial Automation Systems
- [19] Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (2015). *Fabricación de concreto con mezcladora*. El Salvador: Laboratorio de materiales de construcción. Recuperado de: <http://www.uca.edu.sv/mecanicaestructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoConcretoFresco/FABRICACION%20DE%20CONCRETO.pdf>
- [20] Universidad Nacional de Educación a Distancia (2011). *Controladores Industriales Inteligentes*. España: Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control. Recuperado: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_2.pdf
- [21] Valdés Fernández, R. (2012). *Automatización de un sistema de climatización con PLC*. Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal.
- [22] Villalobos Muñoz, W. (2019). Diseño electrónico de apertura automática por contraseña para una puerta con alerta de llamada al celular.
- [23] Villamil, X., & Guarda, T. (2019). App Móvil Desarrollada con Metodología Ágil para IoT Controlada desde una Red LAN/WAN con Placa de Desarrollo de Hardware Libre (Arduino). *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, (E17), 379-392.

Desarrollo de películas comestibles para la conservación de hongos (*Pleurotus sp*)**Development of edible films for fungal preservation (*Pleurotus sp*)**

ESTRADA-GARCIA, Israel†*, LAGUNES-OLIVARES, Francisca, AVILA-BADILLO, Filimon y RAMIREZ-DEL ANGEL, Leslye Sanjuana

Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense

ID 1^{er} Autor: Israel, Estrada-Garcia / ORC ID: 0000-0003-4143-7578, CVU CONACYT ID: 86395

ID 1^{er} Coautor: Francisca, Lagunes-Olivares/ ORC ID: 0000-0003-4143-7578, CVU CONACYT ID: 744450

ID 2^{do} Coautor: Filimon, Avila-Badillo / ORC ID: 0000-0003-2348-2738, CVU CONACYT ID: 60897

ID 3^{er} Coautor: Leslye Sanjuana, Ramirez-Del Angel / ORC ID: 0000-0003-3849-0191

DOI: 10.35429/JTD.2019.9.3.36.40

Recibido: 10 de Enero, 2019; Aceptado 30 de Marzo, 2019

Resumen

El Desarrollo de películas comestibles para la conservación de Hongos (*Pleurotus sp*), surge con el propósito de alargar la vida útil de estos a través del desarrollo y aplicación de películas elaboradas a base de cera de candelilla. Se experimentó con 5 formulas, las cuales se desarrollaron de acuerdo a lo propuesto por Oregel *et al.* en 2016 con algunas modificaciones, la formula F1 (Goma guar 0.8 %, Cera candelilla 0.2%, Glicerol 0.3%), F2 (Goma guar 0.8%, Cera candelilla 0.4%, Glicerol 0.2%), F3 (Goma guar 1.2%, Cera candelilla 0.2%, Glicerol 0.2%) y F4 (Goma guar 1.2%, Cera candelilla 0.4%, Glicerol 0.3%) y F5 con la misma proporción de ingredientes de F4 pero con adición de los 3 conservadores. Se realizó en 2 etapas de experimentación a T= 4°C y T= 30°C durante 15 días. Se evaluaron características como: textura, color y aspecto, la formula mejor evaluada fue FB5 con un tiempo de vida útil de diez días a T= 4 °C, con lo que se logró aumentar en un 100 % la vida útil del producto en fresco.

Abstract

The Development of edible films for the conservation of fungi (*Pleurotus sp*) emerged with the purpose of increasing the shelf life of food through the development and application of films based on candelilla wax. Five formulas were experimented, which were developed according to the proposed by Oregel *et al.* in 2016 with some modifications, the formula F1 (Guar Gum 0.8%, Candelilla Wax 0.2%, Glycerol 0.3%), F2 (Guar Gum 0.8%, Candelilla Wax 0.4%, Glycerol 0.2%), F3 (Guar Gum 1.2%, Wax 0.2% candelilla, 0.2% glycerol) and F4 (1.2% guar gum, 0.4% candelilla wax, Glycerol 0.3%) and F5 with the same proportion of F4 ingredients but with the addition of the three preservatives. The elaboration of the films was carried out in 2 stages of experimentation at T = 4 ° C and T = 30 ° C for 15 days. Characteristics such as texture, color and appearance were evaluated, the best evaluated formula was FB5 with a lifespan of ten days at T = 4 ° C, which allowed to increase the shelf life of the fresh product by a 100%.

Películas comestibles, Vida útil, Candelilla.

Edible films, Life shelf, Candelilla.

Citación: ESTRADA-GARCIA, Israel, LAGUNES-OLIVARES, Francisca, AVILA-BADILLO, Filimon y RAMIREZ-DEL ANGEL, Leslye Sanjuana. Desarrollo de películas comestibles para la conservación de hongos (*Pleurotus sp*). Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-9: 36-40

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: israel.estrada@uthh.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los hongos son considerados vegetales frescos ya que suelen perder sus atributos en un promedio de un par de días y es difícil mantenerlos aptos para el consumo por mucho más tiempo. Gaitán *et al.*, 2006, p. 41 describen que los hongos “Debido a que es un alimento perecedero igual que las hortalizas, es recomendable refrigerarlas por un tiempo no mayor a 4 días...” Por lo tanto es de entenderse que los hongos tienen una característica esencial que es la frescura que es muy difícil de preservar a temperatura ambiente, ya que al pasar más de 4 días pierden gran parte de su humedad y eso provoca una pérdida gradual de peso.

Las películas comestibles son revestimientos utilizados en alimentos para proteger y evitar la maduración y senescencia de los mismos, protegiendo sus características y alargando el tiempo de vida útil. Algunos alimentos que se venden en el mercado suelen utilizar este tipo de películas los más comunes son manzanas, tomates, etc. En el presente trabajo se proponen 5 formulas a base de cera de candelilla y su aplicación como películas y recubrimientos comestibles en hongos con la finalidad de minimizar las pérdidas físicas y organolépticas del producto fresco.

Metodología a desarrollar

Materias primas:

- Hongos *pleurotus sp*

Reactivos:

- Goma guar
- Glicerol
- Ácido cítrico
- Ácido ascórbico
- Benzoato de sodio
- Agua destilada
- Cera de candelilla

Equipos:

- Balanza analítica
- Placa de calentamiento

Elaboración de las formulaciones:

Las formulaciones se realizaron de acuerdo con la metodología de (Saucedo-pompa *et al.*, 2007) con algunas modificaciones en la aplicación del recubrimiento.

Procedimiento:

Los pasos se describen a continuación:

1. Pesar los ingredientes de acuerdo a la formulación que corresponda de los 5 grupos de películas comestibles.
2. Disolver la cera de candelilla en el glicerol, en un vaso de precipitados, agitar hasta su disolución total, si es necesario caliente ligeramente en la placa de calentamiento.
3. Calentar el agua destilada a 80°C en un vaso de precipitados.
4. Vaciar el agua caliente a una licuadora y añadir lentamente la goma guar, homogeneizar durante 10 minutos.
5. Sin dejar de homogeneizar agregar la mezcla del paso 2 (mezcla de cera de candelilla con glicerol) y continuar licuando por otros 10 minutos. Vaciar en un matraz Erlenmeyer de 500 ml.
6. Aplicar tratamiento térmico T=100 °C durante 5 minutos. Enfriar en baño maría con agua a temperatura ambiente.
7. Tratamiento: sumergir las frutas u hortalizas en la solución anterior aproximadamente 10 segundos.
8. Colocar las muestras a T=4 °C. Colocar dos frutas u hortalizas sin ningún tratamiento (testigo). Cada grupo de formulaciones tendrá 8 muestra, por 3 tratamientos en cada grupo (duplicado) y 1 testigo (duplicado).
9. Realizar evaluación sensorial comparativa, para establecer el grado de aceptación del producto.

Resultados

Las formulaciones de las películas comestibles a base de cera de candelilla fueron de acuerdo a lo reportado por Oregel *et al.*, en 2016, con algunas modificaciones en la adición de aditivos. Se formaron cinco grupos de formulaciones (F1, F2, F3, F4, F5) en donde a cada una se les adiciono un aditivo (ácido cítrico, ascórbico y benzoato de sodio) de acuerdo a cada grupo.

	Goma guar (%)	Cera de candelilla (%)	Glicerol (%)
F1	0.8	0.2	0.3
F2	0.8	0.4	0.2
F3	1.2	0.2	0.2
F4	1.2	0.4	0.3
F5	1.2	0.4	0.3

Tabla 1. Formulaciones aplicadas en los hongos. Fuente: Oregel *et. al.* 2017

Las formulas del grupo 5 son proporcionales a las del grupo 4 en cuanto a la cantidad de cera de candelilla, goma guar y glicerol, pero contienen cantidades diferentes conservadores.

A1		B1		C1	
Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)
Goma guar	4	Goma guar	4	Goma guar	4
Cera	1	Cera	1	Cera	1
Glicerol	1.5	Glicerol	1.5	Glicerol	1.5
Benzoato de sodio	0.25	Ácido cítrico	0.25	Ácido ascórbico	0.25
Agua	493	Agua	493	Agua	493

Tabla 2 F1 Primer grupo de formulaciones

A2		B2		C2	
Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)
Goma guar	4	Goma guar	4	Goma guar	4
Cera	2	Cera	2	Cera	2
Glicerol	1	Glicerol	1	Glicerol	1
Benzoato de sodio	0.25	Ácido cítrico	0.25	Ácido ascórbico	0.25
Agua	493	Agua	493	Agua	493

Tabla 3 F2 Segundo grupo de formulaciones

A3		B3		C3	
Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)
Goma guar	6	Goma guar	6	Goma guar	6
Cera	1	Cera	1	Cera	1
Glicerol	1	Glicerol	1	Glicerol	1
Benzoato de sodio	0.25	Ácido cítrico	0.25	Ácido ascórbico	0.25
Agua	492	Agua	492	Agua	492

Tabla 4 F3 Tercer grupo de formulaciones

A4		B4		C4	
Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)
Goma guar	6	Goma guar	6	Goma guar	6
Cera	2	Cera	2	Cera	2
Glicerol	1.5	Glicerol	1.5	Glicerol	1.5
Benzoato de sodio	0.25	Ácido cítrico	0.25	Ácido ascórbico	0.25
Agua	490	Agua	490	Agua	490

Tabla 5. F4 Cuarto grupo de formulaciones

A5		B5		C5	
Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)	Ingrediente	(g)
Goma guar	6	Goma guar	6	Goma guar	6
Cera	2	Cera	2	Cera	2
Glicerol	1.5	Glicerol	1.5	Glicerol	1.5
Ácido cítrico	0.25	Ácido ascórbico	0.25	Ácido cítrico	0.25
Benzoato de sodio	0.25	Benzoato de sodio	0.25	Ácido cítrico	0.25
Agua	490	Agua	490	Benzoato de sodio	0.25
				Agua	490

Tabla 6 F5 Quinto grupo de formulaciones

Las formulas elaboradas y aplicadas fueron: F1 (Goma guar 0.8 %, Cera candelilla 0.2%, Glicerol 0.3%), F2 (Goma guar 0.8%, Cera candelilla 0.4%, Glicerol 0.2%), F3(Goma guar 1.2%, Cera candelilla 0.2%, Glicerol 0.2%) y F4 (Goma guar 1.2%, Cera candelilla 0.4%, Glicerol0.3%) y F5 con la misma proporción de ingredientes de F4 pero con adición de los 3 conservadores, las cuales se desarrollaron de acuerdo a lo propuesto por Oregel *et al.* en 2016.Cabe destacar que cada formula tiene 3 modificaciones entre sí, a las que se evaluaron los siguientes parámetros: olor, color y apariencia.

La aplicación de las películas comestibles se realizó en dos etapas.

Primera etapa

Se aplicaron las películas comestibles a los hongos, se evaluaron durante 10 días, se almaceno a T= 4°C, comparando los resultados de la muestra control al inicio del tratamiento (testigo) con las diferentes formulaciones propuestas en este trabajo.

Grafico en función del promedio general del analisis sensorial.

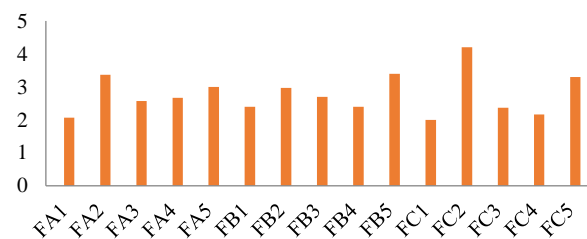


Grafico 1 Resultados de la evaluación sensorial obtenida por las 5 formulaciones de películas comestibles después de 10 días de almacenamiento a T=4°C

Para la primera fase se determina que las mejores formulaciones son la FC2 con 4.2 y FB5 con 3.4, de promedio general al término del tratamiento.

Segunda etapa

En la segunda fase se aplicaron las formulaciones FC2 y FB5 en hongos. Se sometieron a refrigeración 4°C y 30°C durante un tiempo de 15 días, donde se evaluaron el color, aroma y apariencia de la muestra testigo al inicio de la aplicación con las muestras experimentales de acuerdo a la escala estructurada comparativa.

Evaluación sensorial, Formulación FC2

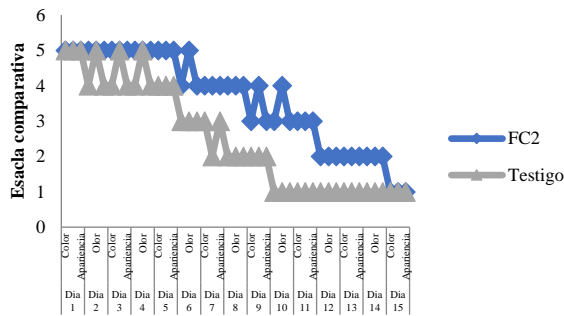


Grafico 2 Resultados de la evaluación sensorial de la Formulación FC2 y el testigo a T=4°C

Evaluación sensorial, formulación FB5

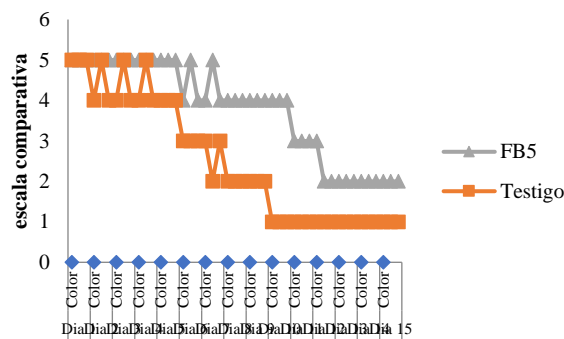


Grafico 3 Resultados de la evaluación sensorial de la Formulación FB5 y el testigo a T=4°C

Formulación FC2 a 30°C

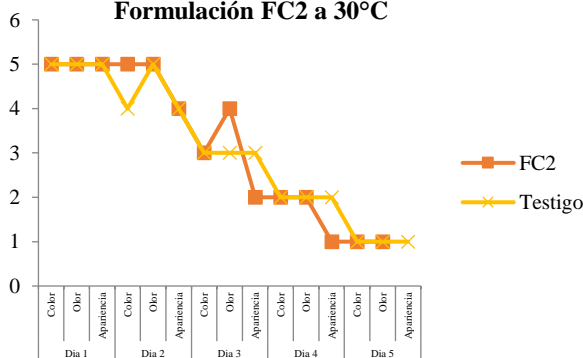


Grafico 4. Resultados de la evaluación sensorial de la Formulación FC2 y el testigo a T=30°C

Formulación FB5 a 30°C

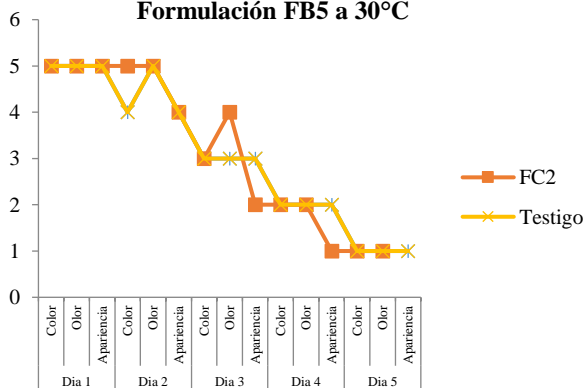


Grafico 5. Resultados de la evaluación sensorial de la Formulación FB5 y el testigo a T=30°C

De acuerdo a los resultados mostrados se determinó que la formulación FB5 es la que proporciona mejor poder de recubrimiento, ya que al ser sometida a la evaluación sensorial los hongos tenían buena turgencia, color y aroma, además de que la calificación asignada por los jueces está por arriba de 4.2 durante los primeros 10 días de evaluación y solo después del día 12 decrece por debajo de 3.0.



Figura 1 Muestra con aplicación de recubrimiento FB5 al día 1



Figura 2 Muestra con aplicación de recubrimiento FB5 al día 10

La muestra testigo tiene una vida útil de 5 días, pues después pierde forma, turgencia y se marchita considerablemente. Por otro lado las muestras expuestas a 30°C, no tuvieron resultados favorables ya que la duración del testigo era similar a las muestras experimentales de solo 5 días en promedio.

Agradecimientos

Este trabajo titulado “Desarrollo de películas comestibles para la conservación de hongos (*Pleurotus sp*)” fue realizado en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, ubicada en carretera Huejutla Chaluyapa Km 3.5 Huejutla de Reyes Hgo., agradecemos las facilidades prestadas y el apoyo para la realización del presente proyecto.

Conclusiones

En la primera etapa la aplicación se realizó con 5 formulaciones en grupos de tres (A, B y C) cada una. Al finalizar la prueba se determinó que las formulaciones FC2 y FB5 con un promedio general final de 4.2 y 3.4 fueron los recubrimientos mejor evaluados, donde la variable era la cantidad de glicerol y goma guar, pues en ambas fórmulas el porcentaje de cera de candelilla fue el mismo. La FC2 contiene ácido ascórbico y la FB5 proporciones iguales de ácido ascórbico y benzoato de sodio. Con lo que se concluye que la adición de ácido cítrico a las formulaciones no mejora la vida útil del hongo, pues en todas las formulaciones que contenían este aditivo la vida útil era en promedio de 5 días.

Posteriormente estas dos películas fueron aplicadas en la segunda etapa, y se sometieron a dos temperaturas $T=4^{\circ}\text{C}$ y $T=30^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 15 días, por medio de la evaluación sensorial realizada se eligió al recubrimiento FB5 que contenía ácido ascórbico y benzoato de sodio como el mejor evaluado comparándola con el testigo, ya que los hongos con el recubrimiento FB5 tuvieron una duración de 10 días a temperatura de 4°C manteniendo sus características aptas para el consumo, con lo que se concluye que la adición de ácido ascórbico beneficia la calidad sensorial del hongo pero sobretodo la mezcla de ácido ascórbico y benzoato de sodio crea mejor sinergia para la conservación de las cualidades sensoriales y por lo tanto se logra el aumento de la vida útil. También se observó que la proporción de cera de candelilla no influye significativamente en los resultados finales.

Por otro lado las muestras expuestas a 30°C no tuvieron resultados favorables ya que tenían la misma duración que el testigo lo cual no es recomendable para una correcta conservación de los hongos. En términos generales se encontró que la fórmula FB5 lograba un aumento de 5 días en el alimento lo que significaba un aumento del 100% en aumento de vida útil.

Referencias

GAITAN-H. Rigoberto, SALMONES Dulce, PEREZ MERLO Rosalia, Manual práctico del cultivo de setas aislamiento, siembra y producción, 1era. ed., 2a. reimp. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver. México, 2006.

OREGEL-ZAMUDIO Ernesto et al. Caracterización fisicoquímica de películas comestibles a base de cera de candelilla. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 17(1), 2016.

SAUCEDO-POMPA Saul, JASSO-CANTU Diana, VENTURA-SOBREVILLA Janeth, SÁENZ-GALINDO Aide, RODRÍGUEZ-HERRERA Raul, N. AGUILAR Cristobal. Effect of candelilla wax with natural antioxidants on the shelf life quality of fresh-cut fruits. Journal of Food Quality. November 30(5), 823-836, 2007.

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista del Desarrollo Tecnológico. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

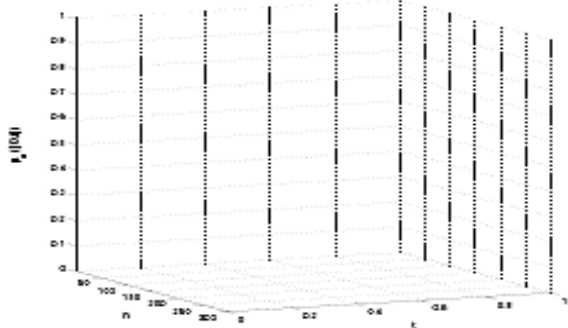


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

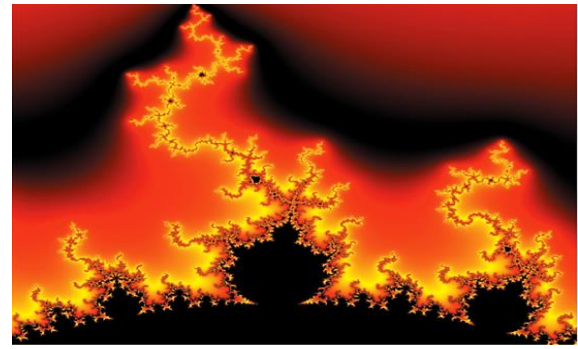


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista del Desarrollo Tecnológico se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista del Desarrollo Tecnológico emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
 - Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
 - Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
 - Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Spain considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
 - Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
 - El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-México, S.C en su Holding Spain para su Revista del Desarrollo Tecnológico, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

38 Matacerquillas, CP-28411. Moralarzal –Madrid-España. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

BANERJEE, Bidisha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Spain), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

38 Matacerquillas, CP-28411. Moralarzal –Madrid-España.

Revista del Desarrollo Tecnológico

“Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* var. saladette)”

DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena, LOPEZ SERRANO, Salomón y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

“Implementación de Aplicaciones Informáticas en la Industria Agrícola del Aguacate”

OCHOA-ORNELAS, Raquel, FAJARDO-DELGADO, Daniel, SÁNCHEZ-CERVANTES, María Guadalupe y OSORNIO-MENDOZA, Jonathan

Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán

“Metodología para programar procesos con relevadores inteligentes”

CÓRDOVA-ESCOBEDO, Jesús Fausto, TREJO-MOLINA, Francisco de Jesús, SALMERON-ORTIZ Mario Raúl y MENDOZA-GONZALEZ, Felipe

Universidad Veracruzana

“Desarrollo de películas comestibles para la conservación de hongos (*Pleurotus sp*)”

ESTRADA-GARCIA, Israel, LAGUNES-OLIVARES, Francisca, AVILA-BADILLO, Filimon y RAMIREZ-DEL ANGEL, Leslye Sanjuana

Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense

