

ISSN 2523-6792

Volumen 4, Número 13 — Enero — Junio — 2020

# Revista de la Invención Técnica

**ECORFAN<sup>®</sup>**

## **ECORFAN-Taiwán**

### **Editor en Jefe**

GUZMÁN - HURTADO, Juan Luis. 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 de Invención Técnica**, Volumen 4, Número 13, de Enero a Junio, 2020, es una revista editada semestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, Zhong Xin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: [www.ecorfan.org/taiwan](http://www.ecorfan.org/taiwan), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editor en Jefe: GUZMÁN-HURTADO, Juan Luis. PhD, ISSN 2523-6792. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio, 2020.

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 Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

# **Revista de Invención Técnica**

## **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 Computación, comunicaciones, control, diseño y sistemas, dispositivos electrónicos, dispositivos semiconductores, electrónica de computadoras, electrónica industrial, electrónica y telecomunicaciones, electroquímica, fibras ópticas, industria eléctrica y electrónica, informática, ingeniería de control, ingeniería de materiales, instrumentación, inter frecuencias, microelectrónica, microondas, procedimiento de datos, redes digitales, robótica, sistemas digitales, sistemas electrónicos.

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 de Invención Técnica es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Taiwan, 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 Computación, comunicaciones, control, diseño y sistemas, dispositivos electrónicos, dispositivos semiconductores, electrónica de computadoras, electrónica industrial, electrónica y telecomunicaciones, electroquímica, fibras ópticas, industria eléctrica y electrónica, informática, ingeniería de control, ingeniería de materiales, instrumentación, inter frecuencias, microelectrónica, microondas, procedimiento de datos, redes digitales, robótica, sistemas digitales, sistemas electrónicos 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 de 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**

LARA - ROSANO, Felipe. PhD  
Universidad de Aachen

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Madrid

LÓPEZ - HERNÁNDEZ, Juan Manuel. PhD  
Institut National Polytechnique de Lorraine

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD  
Universidad Politécnica de Valencia

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD  
Syracuse University

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

ROBLEDO - VEGA, Isidro. PhD  
University of South Florida

MEJÍA - FIGUEROA, Andrés. PhD  
Universidad de Sevilla

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD  
Universidad París XI

## **Comité Arbitral**

URBINA - NAJERA, Argelia Berenice. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZALEZ - MARRON, David. PhD  
Instituto Tecnológico de Pachuca

LICEA - SANDOVAL, Guillermo. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

AGUILAR - NORIEGA, Leocundo. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

FERREIRA - MEDINA, Heberto. PhD  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ - LÓPEZ, Juan Miguel. PhD  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

ALCALÁ - RODRÍGUEZ, Janeth Aurelia. PhD  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

RAMIREZ - LEAL, Roberto. PhD  
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

ÁLVAREZ - GUZMÁN, Eduardo. PhD  
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

GARCÍA - VALDEZ, José Mario. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

## **Cesión de Derechos**

El envío de un Artículo a Revista de Invención Técnica 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 Taiwan 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 homólogo 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 Computación, comunicaciones, control, diseño y sistemas, dispositivos electrónicos, dispositivos semiconductores, electrónica de computadoras, electrónica industrial, electrónica y telecomunicaciones, electroquímica, fibras ópticas, industria eléctrica y electrónica, informática, ingeniería de control, ingeniería de materiales, instrumentación, inter frecuencias, microelectrónica, microondas, procedimiento de datos, redes digitales, robótica, sistemas digitales, sistemas electrónicos y a otros temas vinculados a las Ciencias de Ingeniería y Tecnología

## **Presentación del Contenido**

Como primer artículo *Diseño e integración de un sistema modular para producción de hortalizas, peces y aves de corral, autosustentable*, por CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, ROJAS-BALBUENA, Dorian, LIMON-DIAZ, Miguel Ángel y CRUZ-GARRIDO, Arnulfo, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huachinango, como siguiente artículo *Simulación y desarrollo de horno termo solar para el cocimiento de alimentos*, por LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro, GARDUÑO-DIAZ, Aldair Renato, NIETO-TRUJILLO, Héctor Aaron y GARCÍA-ÁVILA, Jorge Luis, con adscripción en el Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco, como siguiente artículo *Efecto de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa en la sensación térmica percibida en espacios exteriores en clima cálido seco*, por BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo, LUNA-LEÓN, Aníbal, ROMERO-MORENO Ramona y JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica, con adscripción en la Universidad Autónoma de Baja California, como siguiente artículo está *Aplicación de ethephon en una población de mezquite (Prosopis spp.) para la extracción de goma en Naica, Chihuahua, México*, por MAGAÑA-MAGAÑA, José Eduardo, SÁNCHEZ-BERNAL Jorge Alberto, GONZÁLEZ-ANCHONDO, María Elvira y BARAY-GUERRERO, María del Rosario, con adscripción en la Universidad Autónoma de Chihuahua.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Diseño e integración de un sistema modular para producción de hortalizas, peces y aves de corral, autosustentable</b> CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, ROJAS-BALBUENA, Dorian, LIMON-DIAZ, Miguel Ángel y CRUZ-GARRIDO, Arnulfo <i>Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango</i>	1-11
<b>Simulación y desarrollo de horno termo solar para el cocimiento de alimentos</b> LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro, GARDUÑO-DIAZ, Aldair Renato, NIETO-TRUJILLO, Héctor Aaron y GARCÍA-ÁVILA, Jorge Luis <i>Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco</i>	12-20
<b>Efecto de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa en la sensación térmica percibida en espacios exteriores en clima cálido seco</b> BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo, LUNA-LEÓN, Aníbal, ROMERO-MORENO Ramona y JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica <i>Universidad Autónoma de Baja California</i>	21-29
<b>Aplicación de ethephon en una población de mezquite (<i>Prosopis spp.</i>) para la extracción de goma en Naica, Chihuahua, México</b> MAGAÑA-MAGAÑA, José Eduardo, SÁNCHEZ-BERNAL Jorge Alberto, GONZÁLEZ-ANCHONDO, María Elvira y BARAY-GUERRERO, María del Rosario <i>Universidad Autónoma de Chihuahua</i>	30-40

## Diseño e integración de un sistema modular para producción de hortalizas, peces y aves de corral, autosustentable

### Design and integration of a modular system to produce vegetables, fish and poultry, self-sustaining

CASTILLO-QUIROZ, Gregorio†\*, ROJAS-BALBUENA, Dorian, LIMON-DIAZ, Miguel Ángel y CRUZ-GARRIDO, Arnulfo

*Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango, División de Ingeniería Mecatrónica y Maestría en Tecnologías de la Información. México.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Gregorio, Castillo-Quiroz* / ORC ID: 0000-0002-1904-4172, Researcher ID Thomson: H-9402-2018, arXiv Author ID: 0000-0002-1904-4172, CVU CONACYT ID: 162009

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Dorian, Rojas-Balbuena* / ORC ID: 0000-0002-4770-8669, Researcher ID Thomson: AAN-1530-2020, arXiv Author ID: 0000-0002-4770-8669, CVU CONACYT ID: 299726

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Miguel Ángel, Limon-Diaz* / ORC ID: 0000-0002-7578-7077, Researcher ID Thomson: T-6486-2017, arXiv Author ID: 0000-0002-7578-7077, CVU CONACYT ID: 349952

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Arnulfo, Cruz-Garrido* / ORC ID: 0000-0001-9366-8525, Researcher ID Thomson: F-8400-2019, arXiv Author ID: 0000-0001-9366-8525, CVU CONACYT ID: 320172

DOI: 10.35429/JOTI.2020.13.4.1.11

Recibido 10 Enero, 2020; Aceptado 30 Junio, 2020

#### Resumen

Hoy en día, México enfrenta una crisis por la escasez y el consecuente incremento de los precios en los productos básicos. Se prevé que esta situación continúe, porque la superficie disponible para el cultivo, ganadería y pesca está llegando a su límite, mientras que la población y sus necesidades de alimentación aumentan. El sistema propuesto, presenta una alternativa en la producción de alimentos para el autoconsumo en zonas rurales y urbanas, que consta de tres niveles para crianza de peces, aves de corral y producción de hortalizas, e incorpora la tecnología para poder controlar su desarrollo. El prototipo propuesto contempla una parte estructural que soporta tres módulos. El primer módulo está destinado a la crianza de peces con un sistema de filtraje y recirculación del agua. El segundo módulo es destinado para el cultivo de hortalizas, con un sistema para el control de los nutrientes necesarios de los vegetales, y a su vez, los desechos de estos sirvan de alimento a las aves de corral. El tercer módulo está destinado para la crianza de aves de corral, contando con un sistema que concentra y trata los desechos, que sirven como nutrientes para las hortalizas.

#### Autosustentable, Sistema, Producción

#### Abstract

Today, Mexico is facing a crisis over scarcity and the consequent rise in commodity prices. This situation is expected to continue, because the area available for cultivation, livestock and fishing is reaching its limit, while the population and its food needs are increasing. The proposed system presents an alternative in the production of food for self-consumption in rural and urban areas, consisting of three levels for fish rearing, poultry and vegetable production, and incorporates technology to control its development. The proposed prototype envisages a structural part that supports three modules. The first module is intended for the rearing of fish with a system of filtration and recirculation of water. The second module is intended for the cultivation of vegetables, with a system for the control of the necessary nutrients of vegetables, and in turn, the wastes of plants serve as food to poultry. The third module is intended for poultry rearing, with a system that concentrates and treats waste, which serve as nutrients for vegetables.

#### Self-sustainability, System, Production

**Citación:** CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, ROJAS-BALBUENA, Dorian, LIMON-DIAZ, Miguel Ángel y CRUZ-GARRIDO, Arnulfo. Diseño e integración de un sistema modular para producción de hortalizas, peces y aves de corral, autosustentable. Revista de Invención Técnica. 2020. 4-13:1-11.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gcquiroz1977@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El sector alimentario y el sector agrícola brindan soluciones claves para el desarrollo de un país y son vitales para la eliminación del hambre y la pobreza. Actualmente, nuestros suelos, ríos, lagos, arroyos, mares y nuestra biodiversidad están padeciendo un rápido proceso de degradación debido a procesos de sobreexplotación, cambio climático, desastres naturales, crisis económicos, conflictos y desplazamiento de población.

Diversos gobiernos y organismos multinacionales han hecho hincapié en la reducción del hambre y la desnutrición, dado que, según declaraciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el problema de la desnutrición por deficiencia en el consumo radica en el acceso desigual a los alimentos.

En este contexto, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en el caso de México, según datos del mismo organismo la pobreza extrema alimentaria afecta al 18.2% de la población, otro dato inquietante es que el porcentaje de población que sufre hambre y desnutrición en el ámbito mundial es del 50%.

México es un país que está constantemente en desarrollo y la tecnología poco a poco se va adentrando en el sector alimentario y agrícola. Pues como afirma el autor Durán (2014), la tecnología es un factor de desarrollo tecnológico en los diferentes sectores de la comunidad.

Hoy en día conseguir vegetales sanos, libre de pesticidas es una preocupación que ha llevado a muchos organismos a buscar las mejores soluciones para evitar enfermedades. Una alternativa de producción de alimentos es la agricultura vertical. Un huerto vertical es una estructura que está compuesta por plantas; permite plantar frutas o verduras para el consumo diario. Para su implementación no se requiere de un terreno, sino de un espacio por ejemplo una pared, donde reciba la suficiente luz y aire durante el día. En cambio, un huerto tradicional es considerado como un espacio que se encuentra cerca de un domicilio, en donde crecen arbustos, árboles y herbáceas silvestres y demás cultivos y animales que generalmente no ocupan mucho espacio (Cano, 2015).

El objetivo del presente proyecto es diseñar e implementar un prototipo modular autosustentable vertical para crianza de peces, aves de corral y hortalizas, orientada a la seguridad alimentaria en la región de la Sierra Norte de Puebla. La propuesta contempla una parte estructural y de soporte para tres niveles, los cuales son módulos desmontables para que se facilite la producción en serie, el transporte, el montaje, el suministro e inclusive la posible solución de problemas.

El primer módulo está destinado a la crianza de peces con un sistema de filtraje y recirculación del agua. El segundo módulo está destinado a la producción de hortalizas de la región, con un sistema para el control de los nutrientes necesarios de los vegetales, y a su vez, los desechos de estos sirven de alimento a las aves de corral. El tercer módulo es para la crianza de aves de corral, en el cual se implementó un sistema mecánico que concentra y trata los desechos, que sirven como nutrientes para las hortalizas.

Derivado del diseño del sistema permite la disponibilidad de alimentos en traspatio reduciendo gastos en las familias de escasos recursos. Sabemos que la alimentación está íntimamente relacionada con las condiciones de salud de las personas, por lo que el proyecto en cierta medida aporta a este problema. Orientado a la seguridad alimentaria en zonas de escasos recursos, sobre todo en el sector rural que padecen hambre: Las mujeres en proceso de gestación, estudios indican que durante la etapa de gestación se presenta un incremento de las necesidades de nutrientes, las mujeres en estado de desnutrición durante el embarazo tienen mayor riesgo de parto prematuro, bajo peso del bebé al nacer e incluso, una mayor probabilidad de sufrir un aborto espontáneo.

Los adultos mayores estudios indican que la desnutrición en ancianos está relacionada con múltiples consecuencias, que incluyen: alteración en la función muscular, disminución de la masa ósea, disfunción inmunitaria, anemia, repercusión en el estado cognitivo, pobre cicatrización, pobre recuperación posterior a una cirugía, incremento del riesgo de institucionalización, mayor estancia hospitalaria, fragilidad, mortalidad y reducción en la calidad de vida.

Los niños y adolescentes para desarrollar y mantener una buena salud, dado que en la adolescencia existen necesidades energéticas, proteicas y de micronutrientes que supera cualquier otra época de la vida. Es bien sabido que, en la pubertad se adquiere el 25 por ciento de la talla adulta, se aumenta un 50 por ciento la masa esquelética, se duplica la masa muscular (sobre todo en el sexo masculino) y se produce un aumento del volumen sanguíneo y de los órganos internos. Todos estos cambios, tan importantes para el desarrollo y la correcta formación de una persona adulta, para garantizar un correcto desarrollo físico y psicológico.

De esta manera el proyecto pretende que a partir de la metodología puesta en marcha pueda ser implementada en cualquier región del País. El desarrollo de este trabajo de investigación está dividido en las secciones que a continuación se describen:

#### - Metodología

Se describen los pasos que se siguieron para el desarrollo de la investigación.

#### - Resultados

En esta sección se analizan los resultados obtenidos para determinar si se ha logrado el objetivo.

#### - Agradecimientos

Se agradece a las personas e instituciones que permitieron el desarrollo de esta investigación.

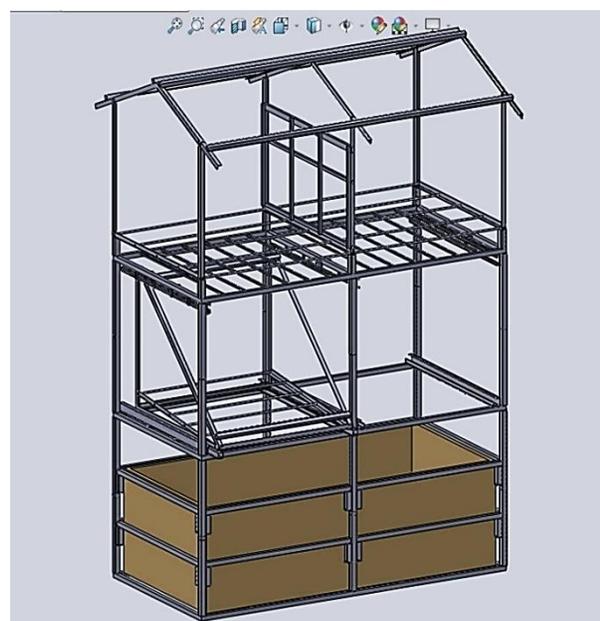
#### - Conclusiones

Se habla de los objetivos logrados satisfactoriamente y de cómo contribuye este trabajo en diversas aplicaciones relacionadas con la producción de hortalizas, aves de corral y peces.

### Metodología

El sistema modular autosustentable (ver Figura 1), se implementó buscando la necesidad de garantizar el suministro continuo de alimentos dentro de tres ejes principales, aves de corral, hortalizas y peces.

El primer módulo está destinado a la crianza de peces con un sistema de filtraje y recirculación del agua. El segundo módulo está destinado a la producción de hortalizas, con un sistema para el control de los nutrientes necesarios de los vegetales, y a su vez, los desechos de estos sirvan de alimento a las aves de corral. El tercer módulo contempla la crianza de aves de corral, contando con un sistema que concentra y trata los desechos, que sirven como nutrientes para las hortalizas. Otra característica, es que el sistema provee de los nutrientes necesarios utilizando un lazo cerrado simbiótico, permitiendo producir productos totalmente orgánicos, colaborando en favor del medio ambiente, disminuyendo el uso de herbicidas, fungicidas y de agroquímicos.



**Figura 1** Bosquejos del prototipo

*Fuente: Elaboración propia*

### Filosofía de operación

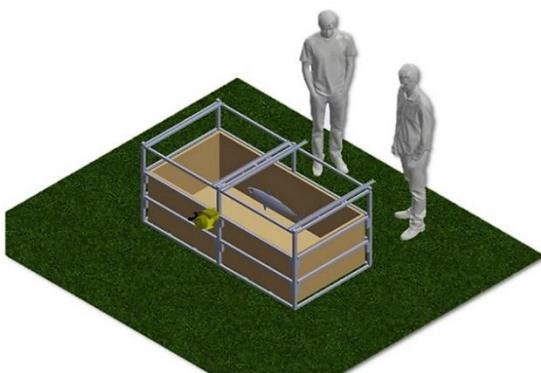
En el primer nivel se adapta un contenedor de agua para criar peces, tiene una capacidad de soportar un volumen total de 1003 litros o 1.003 metros cúbicos que es monitoreado y controlado según sean las necesidades, de los cuales el 75% es ocupado por agua y el resto del volumen es ocupado por los peces hasta ocupar un nivel del 95% para evitar desbordes de agua.

El segundo nivel es para el sistema hidropónico destinado para el cultivo de hortalizas de hojas, las paredes están forradas de un material ligero que mantiene la temperatura dentro de la estructura, el cual está dividido en dos secciones independientes, donde cada sección cuenta con un cajón deslizante hacia enfrente y hacia atrás para que el operador tenga libertad de maniobrar cuando se requiera, estos cajones son la base para la tierra para plantar las hortalizas.

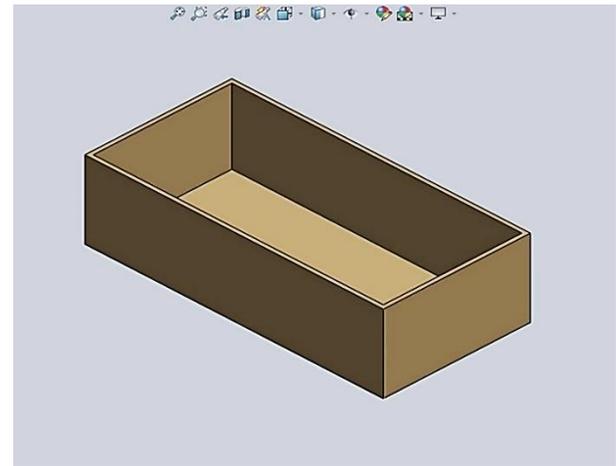
En el tercer nivel es una nave para la crianza de aves de corral, posee las siguientes medidas de 1 m de ancho, 2 m de largo y 0.7 m de altura, sus paredes son de bajo peso para facilitar su extracción cuando sea necesario desmontarlo, cuenta con un piso de malla de alambre de 2 cm de diámetro que permita la caída de las heces de las aves a una lámina de acero para la concentración de los desechos para ser trasladados a contenedor para su almacenamiento, para que no exista derrame cerca de la estructura.

### Diseño del sistema modular

Los requerimientos para el diseño del prototipo autosustentable vertical se desarrollaron en el software SolidWorks con las dimensiones reales: El primer nivel está destinado a la crianza de peces, el cual debe contar con una estructura metálica que tenga soportes en los costados y en la base principal, donde los peces deberán desarrollarse, posteriormente se diseñó una estructura capaz de soportar el peso del tanque con su contenido, como se muestra en la Figura 2. Dicho contenedor deberá diseñarse con un sistema de filtraje, recirculación, censado de PH, un sistema de calentamiento y oxigenación del agua, véase Figura 3.

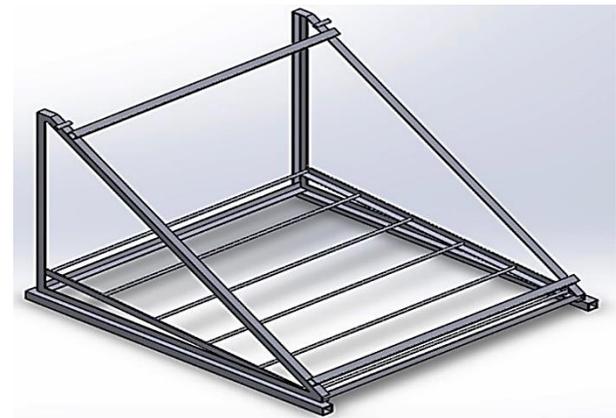


**Figura 2** Primer Nivel – Crianza de peces  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 3** Contenedor de agua  
Fuente: Elaboración propia

El segundo nivel está destinado a la producción de hortalizas, dividido en dos cajones estructurales separados e inclinados a  $15^\circ$  como se muestra en la Figura 4, los cuales cuentan con un riel que les permite el desplazamiento al frente y atrás, con el objetivo de proporcionar espacio al operador en caso de maniobra.



**Figura 4** Estructura intermedia del segundo nivel  
Fuente: Elaboración propia

Además cuenta con un sistema de riego, el cual está habilitado por medio de un circuito de tubería de PVC que proporciona la oxigenación y dosificación de nutrientes, véase Figura 5.



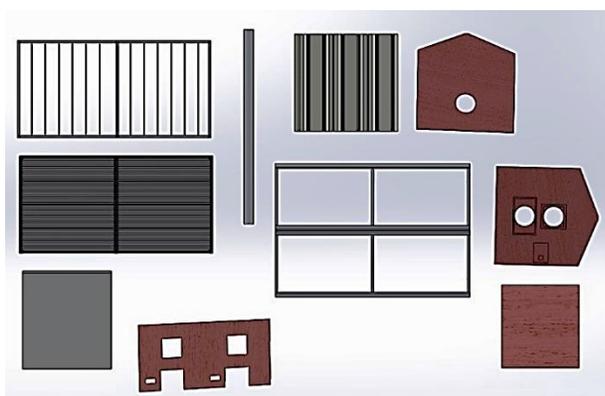
**Figura 5** Segundo Nivel – Producción de hortalizas  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6, se muestra el diseño del tercer nivel destinado a la crianza de aves de corral, el cual cuenta con una estructura de soporte con perfil tubular cuadrado y angular, con un techo de lámina a dos aguas, además se implementó un sistema mecánico para la concentración de los desechos, un sistema de calefacción, un sistema de oxigenación, y un sistema de extracción de gas amoníaco, que cumple las funciones de evitar enfermedades de vías respiratorias en las aves.



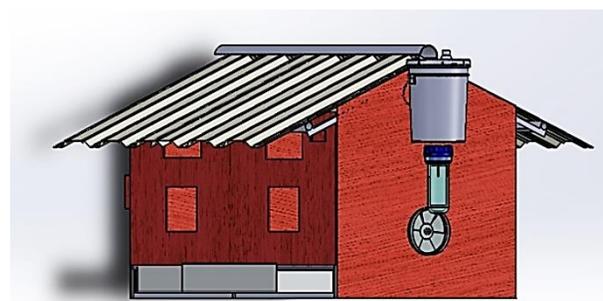
**Figura 6** Tercer Nivel – Crianza de aves de corral  
Fuente: *Elaboración propia*

Posterior al dimensionamiento de la estructura del galpón avícola se llevó a cabo el diseño general de las partes del tercer nivel, véase Figura 7.



**Figura 7** Piezas estructurales del tercer Nivel  
Fuente: *Elaboración propia*

Tomando en cuenta las medidas necesarias de cada pieza, se realizó un ensamble final como el que podemos observar en la Figura 8, la cual muestra de manera previa como fueron ubicados cada uno de los elementos.



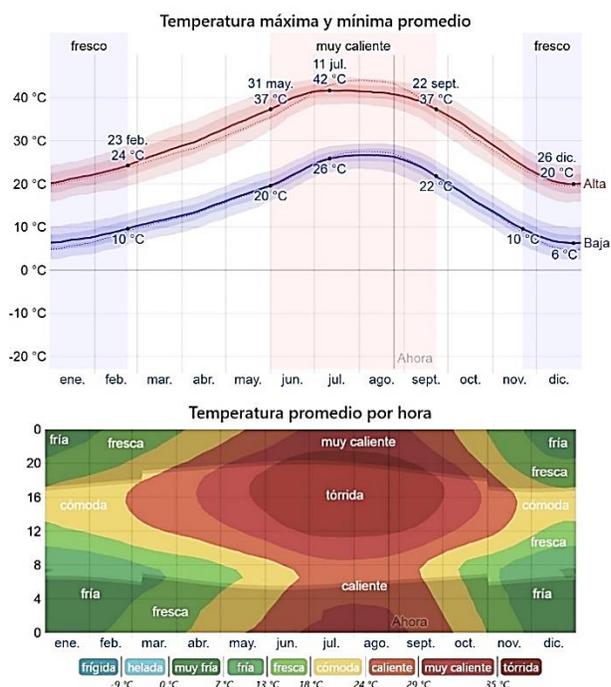
**Figura 8** Ensamble final del tercer nivel  
Fuente: *Elaboración propia*

### Propuesta de tecnologías de control y de automatización

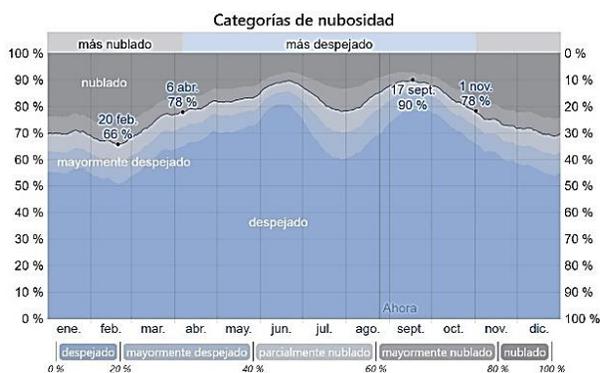
La automatización de actividades productivas mediante soluciones tecnológicas es una apuesta clara para la disminución en costos de producción y un mayor control de los parámetros de calidad y seguridad además de que las características del sector son idóneas para aplicar, sobre todo por la precisión en el control de variables específicas, la elevada necesidad de mano de obra calificada y entrenada y la repercusión sobre parámetros de calidad e higiene.

La capacidad de producir alimentos vegetales y animales depende en gran medida del clima: la temperatura, la luz y el agua. Las fluctuaciones a corto y a largo plazo de las pautas del clima pueden tener repercusiones extremas en la producción agrícola, y hacer que se reduzca drásticamente el rendimiento de las cosechas, lo que obliga a utilizar nuevas prácticas agrícolas en respuesta a la modificación de las condiciones. Por esta razón, la automatización en esta área es una opción viable.

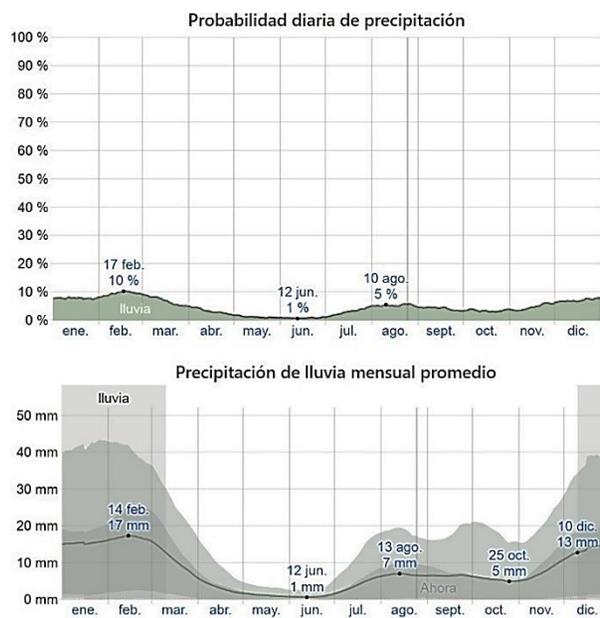
Partiendo con el análisis mediante datos obtenidos por las gráficas mostradas en las Figuras 9-12 del comportamiento de las principales variables como son la temperatura, humedad relativa y la luz solar a controlar durante el año, se proponen los algoritmos de control según los valores de referencia para la crianza de aves, peces y cultivo de hortalizas.



**Figura 9** Comportamiento de temperatura durante el año en el Estado de Puebla  
 Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/2214/Clima-promedio-en-Puebla-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>



**Figura 10** Comportamiento de la nubosidad durante el año en el Estado de Puebla  
 Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/2214/Clima-promedio-en-Puebla-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>



**Figura 11** Comportamiento de la precipitación durante el año en el Estado de Puebla  
 Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/2214/Clima-promedio-en-Puebla-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>



**Figura 12** Comportamiento salida y puesta de sol con crepúsculo y horario de verano durante el año en el Estado de Puebla  
 Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/2214/Clima-promedio-en-Puebla-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>

El análisis e interpretación de las variables mencionadas permite tener un referente de diseño, ensamble, revestimiento y colocación física del prototipo.

También sirve para dimensionar y seleccionar el tipo de control a utilizar, los sensores y actuadores, así como, para la selección de valores de ajuste en los algoritmos de control y diseño de la interfaz de monitoreo, graficación y control de los tres módulos y sus alarmas de proceso.

Particularmente el módulo del tercer nivel se debe pensar la temperatura y la humedad relativa para controlar el sistema de calefacción, oxigenación, y extracción de gas amoníaco, cuya finalidad evitar enfermedades de vías respiratorias en las aves, teniendo como referente los siguientes datos proporcionados por los manuales de avicultura:

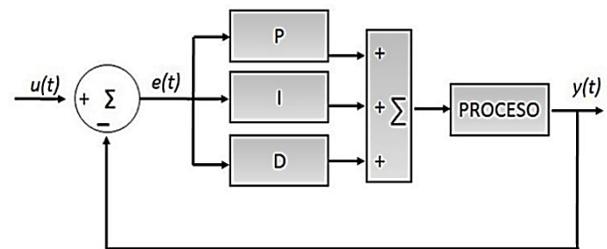
Edad en días	Temperatura
1-7	28-32 °C
8-14	26-28 °C
15-21	24-26 °C
22-28	22-25 °C
29-35	20-22 °C
36 al sacrificio	20-22 °C

**Tabla 1** Temperatura ideal para aves de corral

Fuente: <https://avicultura.info/medicion-de-parametros-productivos-en-avicultura/>

Uno de los algoritmos a utilizar es el controlador PID, dado que controla con precisión la temperatura en dos modos de operación automática o manual, por lo que se debe de configurar los parámetros para el trabajo en modo automático, en modo manual es necesaria la presencia del operador, el cual se encarga de cerrar el lazo de control. Una vez configuradas las entradas de temperatura y humedad, en una pantalla se observan los dos datos, denominado la Variable de Proceso (VP), en este caso son dos: Humedad Relativa (RH) y Temperatura (T), además del punto de Ajuste (SP).

La variable medida es comparada contra la variable a controlar y el resultado de esta operación es guardada en un registro interno del controlador, posteriormente se le aplica un algoritmo matemático derivado del análisis del proceso a controlar observando tres bandas de comportamiento, siempre dependiente de los límites, una banda proporcional donde el comportamiento es lineal, una vez llegando a su límite actúa la banda proporcional, con la finalidad de acercarse al valor verdadero (SP) de manera progresiva hasta alcanzar la estabilidad, una vez que esta se logró, a cualquier desviación se le aplica la banda derivada, obteniendo así un control puntual de las variables que a su vez activan o desactivan las salidas incrementando o disminuyendo el ancho del pulso.



**Figura 13** Esquema de control en lazo cerrado

Fuente: [http://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Electrica/vol1num3/ECORFAN\\_Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_El%C3%A9ctrica\\_VI\\_N3\\_3.pdf](http://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Electrica/vol1num3/ECORFAN_Revista_de_Ingenier%C3%ADa_El%C3%A9ctrica_VI_N3_3.pdf)

### Integración del sistema modular para producción de hortalizas, peces y aves de corral, autosustentable

En las Figuras 14 y 15 se muestra la manufactura del primer módulo destinado a la crianza de peces, se desarrolló un contenedor para mantener la temperatura estable, siempre dependiente de la especie a trabajar, también se debe mantener el oxígeno suficientemente controlado y cumplir con el ciclo de carbono para el mejor rendimiento y desarrollo de las especies a trabajar, cabe mencionar que se debe estar sensando el PH del agua para el control de los sistemas de filtrado y retroalimentación.



**Figura 14** Primer Nivel-Peces

Fuente: Elaboración propia



**Figura 15** Adecuación del contenedor para el primer nivel  
Fuente: *Elaboración propia*

Para el óptimo desarrollo de la tilapia se requiere mantener una temperatura entre 20°C a 30°C, aunque pueden soportar temperaturas menores hasta de 15°C, que afectan su crecimiento y desarrollo. Por otro lado, la temperatura máxima que soportan se encuentra entre los 37-42°C, que de igual manera afectan al desarrollo.

Además, las concentraciones de oxígeno disuelto: debe controlarse en su valor mínimo de 1 mg/l, aunque lo conveniente es de 2 o 3 mg/l, en particular si no hay mucha luz natural y el pH a controlar oscila entre 7 y 8, sabiendo que valores menores pueden afectar negativamente al desarrollo e inclusive matar a los peces por otro lado pueden resistir valores alcalinos hasta de 11. La turbidez por mantener es de 30 centímetros de visibilidad.

En la Figura 16 se muestra la manufactura del segundo módulo, el cual contiene dos cajones estructurales de soporte a 45°, los cuales se deslizan hacia enfrente y atrás, con el objetivo de proporcionar espacio al operador en caso de maniobra; un circuito de tubería de PVC que proporcione la posibilidad de hacer fluir el agua con los nutrientes necesarios para el desarrollo de los vegetales.



**Figura 16** Segundo Nivel – Hortalizas  
Fuente: *Elaboración propia*

El agua utilizada se obtiene del primer módulo, dedicado a la crianza de peces antes de ser filtrada para proporcionar nutrientes derivados de los desechos de los peces y que permite un desarrollo de la planta, sin utilizar fertilizante químico, el desecho de los pollos se recolecta, desecan y en cada nueva siembra se adhiere a la tierra este nutriente 30 partes por 40 partes de tierra negra, 10 partes de gravilla y el resto es de ceniza. Cabe mencionar que los desechos obtenidos de la producción de hortalizas son triturados, los cuales sirven como alimento para los pollos cerrando el ciclo de producción.

El desarrollo del tercer módulo se basó en la estructura de un galpón convencional y una vez revisado el diseño previo se procedió al acondicionamiento físico. Para el techado se utilizó lámina translúcida para aprovechar la luz del día y proporcionar calor dentro del galpón evitando la humedad como podemos observar en la Figura 17, dicha lámina fue colocada con una posición a dos aguas la cual proporciona que los vapores generados en el interior no contaminen la parte central y al condensarse caigan a los lados.



**Figura 17** Estructura del tercer módulo  
Fuente: *Elaboración propia*

El sistema cuenta con una red de suministro de oxígeno, así como extractores, dispensadores de agua y dispensadores de alimento. Para el suministro de agua se utilizó un bote con capacidad de 19 litros, el cual cuenta con un filtro que está conectado a la tubería de suministro de los bebederos para evitar que los pollos sean contaminados con algún residuo peligroso, el sistema mencionado anteriormente podemos verlo en la Figura 18.



**Figura 18** Sistema de extractores y dispensadores de agua  
*Fuente: Elaboración propia*

## Resultados

Una vez que se ensamblaron los tres módulos se obtiene un sistema de producción que garantiza el suministro continuo de alimentos inocuos y nutritivos en tres ejes principales, producción de aves de corral, peces y hortalizas, véase Figura 19.



**Figura 19** Prototipo terminado  
*Fuente: Elaboración propia*

Con los sistemas en funcionamiento, se procedió a calificar los resultados obtenidos, en el caso del tercer módulo se observó que las aves de corral producen demasiado desechos, por ende, los contenedores encargados de recolectar se llenaron rápidamente, este es un excelente fertilizante comúnmente llamado gallinaza, por lo cual se optó por hacer uso de un recipiente más para su depósito para la elaboración de composta, como se muestra en la Figura 20. En los dispensadores de agua son llenados manualmente y al ser una tarea manual realizada constantemente se propone un sistema de llenado automático de los recipientes.



**Figura 20** Contenedor para la recolección de los desechos de los pollos  
*Fuente: Elaboración propia*

Para la producción de hortalizas se observó que algunos productos no alcanzaron un tamaño de crecimiento apropiado, debido a que no obtuvieron suficiente energía solar como se muestra en la Figura 21, por lo cual se propone un diseño de instalación de lámparas de crecimiento, otro de los factores que determinaron que el producto no lograra un desarrollo apropiado, fue que contaban con una capa de suelo demasiado delgada, por lo cual se decidió aumentar el tamaño de la misma, también se añadieron unas capas de perlón y tezontle para evitar que la tierra se erosionara además se redujo el diámetro de las esperas, en la primera prueba liberaban demasiado flujo.



**Figura 21** Producción de hortalizas  
Fuente: *Elaboración propia*

En el caso del primer módulo correspondiente a la crianza de peces se hizo la instalación de un filtro natural, el cual se aprovechó para llenar un contenedor el cual almacena agua limpia y después es bombeada para regresar al primer contenedor y obtener mayor recirculación de agua.

Partiendo del comportamiento de las principales variables: temperatura, humedad relativa, PH, CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> (Amoniaco) a controlar durante el año, se proponen un algoritmo de control según los valores de referencia basados en los límites permisibles para la crianza de aves, peces y cultivo de hortalizas, se concluye que los lazos de control deben ser robustos y a la vez flexibles para que el supuesto caso de cambiar de pez a cultivar, o cambio de tipo de ave u hortalizas. Finalmente, la reingeniería de proceso, generó conocimiento real de campo, lo que aporta mejoras al diseño de la segunda versión del mismo.

### Agradecimiento

A la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango por el apoyo y las facilidades en el desarrollo del proyecto, así mismo este artículo fue realizado como producto del proyecto “Diseño e integración de prototipo autosustentable vertical para crianza de peces, aves de corral y hortalizas, orientada a seguridad alimentaria en la región de la Sierra Norte de Puebla” del Cuerpo Académico “Automatización y Control de Procesos”, financiado por la convocatoria Fortalecimiento de Cuerpos Académicos del PRODEP.

### Conclusiones

Después de evaluar el sistema implementado e identificar las necesidades reales una vez que el sistema está funcionando, fue necesario realizar adecuaciones al diseño inicial, para no tener desviaciones mayores a las permisibles en los tres módulos de producción, según lo proyectado inicialmente respetando la normatividad de los parámetros.

En el caso de la producción de pollos, el sistema presentó una eficiencia esperada, la mortalidad de las aves se redujo de un 30% a un 10%, este último porcentaje se debe a factores externos al sistema. Es de vital importancia mantener un sistema en condiciones óptimas, dado que las aves poseen un sistema inmunológico delicado, esto junto con cambios bruscos de temperatura sumada a un exceso de humedad provocaría que las aves se enfermaran y posteriormente su mortandad. Gracias al sistema de extracción de desechos que se diseñó, se utilizaron para generar composta y posteriormente utilizarla para las hortalizas como abono.

En la producción de hortalizas, la primera cosecha que se levantó fue próspera, pero el suministro de agua para obtener humedad fue sin aplicar control. Para el estanque, se detectó que los peces brincan continuamente por lo que se colocó alrededor de la misma una malla de tela para evitar que salieran del estanque.

Como resultado del proyecto, es posible concluir, que el sistema implementado nos proporciona una mejor alternativa en la producción de alimentos para autoconsumo en las viviendas rurales o urbanas.

### Referencias

Alarcón Pérez, R. (2020). Desarrollo de una aplicación móvil para la comercialización de productos en el sector agrícola de Andahuaylas 2019.

Calderon-Alba, C. C., Morales-Oviedo, V., & Perez-Alzate, Y. R. (2020). Diseño de estrategias en la empresa A&C para fortalecer la importación de la línea de productos fertilizantes.

Cano, E. (2015). Huertos Familiares: Un camino hacia la Soberanía Alimentaria. *Revista Pueblos y Fronteras Digital* vol. 10, núm. 20, diciembre, 70-91.

CASTILLO, Gregorio, GÓMEZ, Elda, GONZAGA, Elisa y REYES, Iván, (2017). Sintonización y comparación de controladores para un aeropéndulo, *Revista de Ingeniería Eléctrica*, Vol. 1 No. 3, 16-26, [http://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Electrica/vol1num3/ECORFAN\\_Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_El%C3%A9ctrica\\_VI\\_N3\\_3.pdf](http://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Electrica/vol1num3/ECORFAN_Revista_de_Ingenier%C3%ADa_El%C3%A9ctrica_VI_N3_3.pdf)

Cercado Banda, M., & Valdivia Reyes, W. B. (2020). CENTRO DE CAPACITACIÓN, INVESTIGACIÓN, PROMOCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN AGRÍCOLA PARA CONTRARRESTAR LA DISFUNCIONALIDAD SECTORIAL EN PÁTAPÓ Y TUMÁN.

DELGADILLO GAYTAN, R. O. D. R. I. G. O. (2020). Desarrollo de una Red de Sensores para el Monitoreo en Ambiente Web de Parámetros Físico-Químicos en Invernaderos de Plantas Ornamentales (Doctoral dissertation, Instituto Tecnológico de Colima).

Durán, M. (2014). Criterios tecnológico-ambientales bajo un enfoque sistémico: transferencia de tecnología química. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XV (número 3), julio-septiembre, 339-350.

Fairchild Semiconductor Corporation, (2014). "MOC3010M, MOC3011M, MOC3012M, MOC3020M, MOC3021M, MOC3022M, MOC3023M. 6-Pin DIP Random-Phase Optoisolators Triac Driver Output (250/400 volt peak)". En Fairchild Semiconductor Corporation. Consultado el 24 de octubre del 2019. Disponible en: <http://www.farnell.com/datasheets/1806097.pdf>

Gregorio Castillo Quiroz, Arnulfo Cruz Garrido, Elisa Gonzaga Licona, Eugenio Luna Mejía, (2019). "Diseño e implementación de sistema de monitoreo automatizado en granja avícola", *Revista de Investigación en Tecnologías de la Investigación (RITI)*, ISSN 2387-0893, 7 (14), Pp31-42. doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.011>

Johana Andrea Ciro-Galeano, Mateo Itza-Ortiz. (ABRIL de 2015). Parámetros Productivos. Recuperado el 08 de septiembre de 2019, de Parámetros Productivos: [https://www.researchgate.net/publication/308356178\\_PARAMETROS\\_PRODUCTIVOS](https://www.researchgate.net/publication/308356178_PARAMETROS_PRODUCTIVOS)

Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994: Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

NMX-FF-080-SCFI-2006. Productos avícolas - Carne de pollo de engorda en canal y en piezas - Clasificación.

Norma Oficial Mexicana NOM-061-ZOO-1999, Especificaciones zoonosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Las Naciones Unidas, (2018). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado el 25 de enero de 2020 de:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>

Lopera, P. (2017). Medición de Parámetros Productivos en Avicultura. *La revista global de avicultura*, 23-26. Obtenido de *Avicultura en producción ecológica*:

<https://avicultura.info/medicion-de-parametros-productivos-en-avicultura/>

Promueve Hidroponía. (14 de AGOSTO de 2014). Acuaponía más que un simple cultivo. Recuperado el 08 de septiembre de 2019, de *Acuaponía más que un simple cultivo*: <https://conocehidroponiapromuevehidroponia.wordpress.com/2014/08/14/acuaponia-mas-que-un-simple-cultivo/>

Ramírez Acevedo, A. F. (2020). C-BIOS empaque: Desarrollo de un empaque para el transporte y protección de plántulas en el plantuario del centro de Bio-Sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

WeatherSpark. (2018). El clima promedio en Puebla. Recuperado el 25 de enero de 2020 de:

<https://es.weatherspark.com/y/2214/Clima-promedio-en-Puebla-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>

## Simulación y desarrollo de horno termo solar para el cocimiento de alimentos

### Simulation and development of solar thermal oven for food cooking

LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro†\*, GARDUÑO-DÍAZ, Aldair Renato, NIETO-TRUJILLO, Héctor Aaron y GARCÍA-ÁVILA, Jorge Luis

*Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco, México.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Alejandro, Linares-Enríquez* / ORC ID: 0000-0002-2250-0730, Researcher ID Thomson: F-8123-21018, CVU CONACYT ID: 607628

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Aldair Renato, Garduño-Díaz* / ORC ID: 0000-0002-7657-7792

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Héctor Aaron, Nieto-Trujillo* / ORC ID: 0000-0001-5703-2327

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Jorge Luis, García-Ávila* / ORC ID: 0000-0002-4403-0266

DOI: 10.35429/JOTI.2020.13.4.12.20

Recibido 15 Enero, 2020; Aceptado 30 Junio, 2020

#### Resumen

Este proyecto implementa un horno termo solar para el cocimiento de alimentos con base a radiación solar para generar el calor y la transformación de los alimentos para su consumo y, con ello tener una propuesta sustentable de energía renovables con el aprovechamiento de la energía solar, una entrada a la sustentabilidad de acuerdo a los objetivos de sostenibilidad que se requiere para nuestro país; el prototipo de horno establece rentabilidad económica, ya que no se tendrá un gasto por algún tipo de combustible, permitiendo tener una vida más eco-amigable con el medio ambiente, lo cual nos permitirá una alternativa enfocada al cuidado del planeta, el proyecto es un horno termo solar para la cocción de alimentos, a través del uso de la energía solar, específicamente de la radiación y transferencia de calor, la cual obtiene la temperatura con un sistema termo solar impulsado por una bomba con una alta presión, la cual moverá un fluido térmico a través de un serpentín el cual rodea al horno por dentro y siguiendo la base de un captador hacer una recirculación del mismo el cual evitaría el aumento de costo en uso de gas LP o natural e incluso leña, que representa dinero invertido para ciertos sectores de la población.

#### Horno, Termo solar, Cocimiento

#### Abstract

This project implements a solar thermal oven for cooking food based on solar radiation to generate heat and transform food for consumption and, with it, have a sustainable proposal for renewable energy with the use of solar energy, an entrance to sustainability according to the sustainability objectives required for our country; The oven prototype establishes economic profitability, since there will be no expense for any type of fuel, allowing a more eco-friendly life with the environment, which will allow us an alternative focused on caring for the planet, the project is a solar thermal oven for cooking food, through the use of solar energy, specifically radiation and heat transfer, which obtains the temperature with a solar thermal system powered by a pump with a high pressure, which will move a thermal fluid through a coil which surrounds the oven from the inside and following the base of a sensor make a recirculation of the same which would avoid the increase in the cost of LP or natural gas and even firewood, which represents money invested for certain sectors of the population.

#### Oven, Solar thermal, Cooking

**Citación:** LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro, GARDUÑO-DÍAZ, Aldair Renato, NIETO-TRUJILLO, Héctor Aaron y GARCÍA-ÁVILA, Jorge Luis. Simulación y desarrollo de horno termo solar para el cocimiento de alimentos. Revista de Invención Técnica. 2020. 4-13:12-20.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alejandro.linares@test.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En el desarrollo del proyecto se realiza el análisis de los componentes del horno dentro del diseño, la simulación y la conversión de energía, se definen los parámetros de entrada del sistema, donde la parte estructural y térmica es esencial en la obtención de transferencia de calor, estableciendo el comportamiento de funcionamiento del sistema termo solar que será el encargado del cocimiento de alimentos.

El desarrollo tecnológico ha permitido dar propuestas de las diversas formas para calentar o dar cocción a los alimentos, desde un principio una forma de cocinar alimentos es con fuego utilizando leña, pero esta forma ha causado la tala de millones de árboles de forma alarmante, impactando en el medio ambiente, por lo que es necesario buscar nuevas alternativas que puedan generar este mismo beneficio, cuidando el medio ambiente y los recursos con los que se cuenta, analizando su costo con los beneficios que aporta.

La energía solar es una fuente inagotable, por ello, en los últimos años ha tomado una relevancia dentro de la generación de energía eléctrica y calorífica, y al ser una fuente no convencional nos brinda una alta gama de posibilidades para dar uso instantáneo de formas convencionales y poder generar ingresos, el aprovechamiento de este tipo de energía puede darse para diferentes aplicaciones y para el cocimiento de alimentos es una alternativa.

Lo que se pretende con este proyecto, es construir un horno termo solar capaz de dar cocción a los alimentos, estableciendo capacidad térmica, cuál será la temperatura que nos permitirá alcanzar para determinar que alimentos se podrán cocinar, como verduras, carnes, pan, entre otros, estableciendo que se puede transportar fácilmente gracias a sus dimensiones y peso reducido, sus materiales son de bajo costo y presenta una nueva variante en su diseño.

Nuestra propuesta es determinar la funcionalidad del horno termo solar para el cocimiento de alimentos, analizando el diseño de fluido que realizara la transferencia de calor y determinando sus componentes mecánicos y eléctricos.

La energía solar es la fuente de energía de mayor disponibilidad en un amplio dominio de latitudes, con índices de incidencia máximos en zonas ecuatoriales y mínimos en regiones polares. Es una energía muy dispersa que puede alcanzar valores máximos de mil watts por cada metro cuadrado de superficie y varía en función de la época del año; es posible almacenarla y convertirla en calor y en electricidad, y ser aprovechada por sus efectos en materiales que presentan propiedades ópticas y eléctricas.

El objetivo principal de este trabajo es dar a conocer, que podemos utilizar un sistema termo solar para cocimiento de alimentos, que podemos aplicar esta energía a un fluido para transmitir calor y los beneficios que se tiene al aplicar este tipo de tecnología, considerando los principios del aprovechamiento de la energía solar térmica y cómo se puede aplicar en una gran diversidad de procesos, tanto domésticos, como comerciales e industriales.

La creación de un horno a base de radiación solar se realiza para poder tener una nueva manera más sana y mejor de obtener una mejor calidad de aire.

El colector termo solar se estructura de un sistema de tuberías con la cual transportara liquido calentado a través de un tanque colector, el fluido térmico esta almacenado y aislado para conservar el calor, después cuando se coloca algún alimento dentro del horno se inicia con el paso del fluido calentando la cámara del horno y cociendo los alimentos, que entraran por una primera y saldrán al final del horno, el horno contará con un aislante para que no se transmita energía al exterior, sino todo se concentre dentro de la cámara, también contara con una bomba para el impulso del fluido a través de un segundo colector, aprovechando al máximo la transferencia de calor, regresando al colector termo solar, contara de la misma manera con un sistema de monitoreo y control de temperatura de acuerdo a la temperatura que necesite el alimento en cocción.

## Desarrollo

El aprovechamiento de las fuentes de energía renovables dejó de ser una ilusión para convertirse en una realidad para todos aquellos comprometidos con la protección del ambiente.

Hay dos hechos que han cambiado radicalmente nuestra visión del pasado. En primer lugar, el hecho de que el petróleo se va a agotar, y somos testigos de los frecuentes aumentos en los costos de la gasolina y el gas. En segundo lugar, y tal vez más importante, el Cambio Climático Global, que está directamente relacionado con el alto consumo de hidrocarburos de cada nación del planeta, así como la colateral producción de gases de efecto invernadero en los que México contribuye con alrededor de 1%. De aquí la propuesta del proyecto.

La creación de un horno funcional que trabajara con una energía renovable, siendo un eco-amigo ya que trabajara con celdas termo solares a través de la capacidad de colección y las cuales darán abastecimiento a un sistema de tuberías el cual rodeara el cajón del horno, seguida de una capa de aislante para poder retener el calor dentro de mismo, para que al final este tenga la capacidad de calentar y dar cocción a alimentos [5].

Para analizar cómo trabaja un sistema termo solar, debemos conocer las características de los fluidos térmicos para la transferencia de calor, comparando estas características con los alimentos que se colocaran en el horno para su cocimiento, por lo que, es uno de los sistemas energético donde podemos aplicar para reducir costos, con el consiguiente ahorro y disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Una instalación termo solar está formada por captadores solares, dos circuitos de fluido térmico, intercambiador de calor, acumulador y tuberías. La circulación del sistema se da por dentro de los circuitos, aprovechando la diferencia de temperaturas. Los colectores termo solares capturan la radiación solar para transformarla en energía calorífica.

El sistema solar térmico se compone principalmente de una cubierta de material transparente, generalmente se trata de vidrio, fibra de vidrio o fibra de cerámica, pero existen determinados plásticos que también se pueden utilizar con la ventaja de ser más baratos y manejables. La función de la cubierta es reducir al mínimo las pérdidas de calor por convección y radiación y por eso debe tener una transmitancia solar lo más alta posible.

Canal de aire, que es un espacio que separa la cubierta de la placa absorbente y puede estar vacío o no. Para calcular su espesor se deben equilibrar las pérdidas por convección y las altas temperaturas que se pueden producir si es demasiado estrecho.

Placa absorbente, es el elemento que absorbe la energía solar y la transmite al líquido que circula por las tuberías. La principal característica de la placa absorbente es que debe tener una gran absorción solar y una emisión térmica reducida. Para cumplir este requisito se utilizan materiales combinados para obtener la mejor relación absorción / emisión. Tubos o conductos, están tocando la placa absorbente para maximizar el intercambio de energía calorífica por conducción térmica. Por los tubos circula el líquido que se calentará y transportará el calor hacia el tanque de acumulación. Capa aislante, tiene la finalidad de recubrir el sistema para evitar y evitar pérdidas térmicas. Para que el aislamiento sea el mejor posible, el material aislante deberá tener una baja conductividad térmica.

Los sistemas de energía solar térmica resultan útiles en aplicaciones como el calentamiento de piscinas, para el uso doméstico, para usos industriales que requieren una mayor temperatura de 65°C. La principal aplicación de la energía solar térmica es la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) para el sector doméstico y de servicios. El agua caliente sanitaria se usa a una temperatura de 45 °C, temperatura a la que se puede llegar fácilmente con solares planos que pueden alcanzar como temperatura media 80 °C. La energía aportada por los captadores debe ser tal que en los meses más favorables aporte el 100 % [4].

El resto de las necesidades que no aportan los captadores se obtiene de un sistema auxiliar, que habitualmente suele ser gasóleo, gas o energía eléctrica. Con este porcentaje de cubrimiento los periodos de amortización son reducidos. La energía solar térmica puede ser un complemento al sistema de calefacción, sobre todo para sistemas que utilicen agua de aporte a menos de 60 °C.

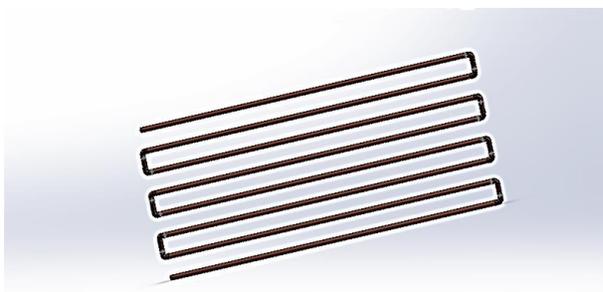
Una vez que sabemos que podemos aprovechar de esa energía, necesitamos elementos que permitan captarla, transportarla, cederla y acumularla. Un colector termo solar nos permite la transferencia de calor y acumulación de energía, nos permiten captar la radiación solar y calentar el fluido caloportador que circula por ellos. Los hay de diferentes tipos y con diferentes rendimientos, como se muestra en la figura 1 [3].



**Figura 1** Paneles Solares Térmicos

Fuente: [3]

Establecer un circuito por donde transportar el fluido térmico en los captadores. Este circuito será cerrado. Por lo tanto, hablaremos de circuitos de ida y retorno. Podemos hacer un serpentín, en el que los captadores corresponderían a una cámara que caliente el fluido, y el circuito cerrado, a la ida y retorno de una instalación del colector como se muestra en la figura 2.



**Figura 2** Tubería del sistema termo solar

Fuente: *Elaboración propia*

En la instalación solar térmica, debemos ceder el calor transportado mediante un intercambiador de calor, esto se realiza en la cámara donde se meten los alimentos, cedemos el calor que será transmitido ya sea a una placa que se calentará o al espacio con el aire que se calentará, cediendo el calor a través de la transferencia de este.

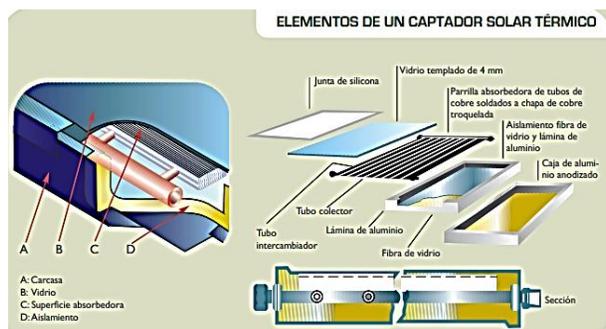
Los intercambiadores pueden ser externos al depósito, intercambiadores de placas, o interiores de serpentín.

La energía solar térmica, no se consume en su totalidad instantáneamente, ya que depende de la demanda existente en cada momento, por lo que, para no desaprovecharla, es necesario acumularla. Por ello, necesitamos un sistema de acumulación del fluido térmico, para que se pueda suministrar a medida que se va demandando. Esto se consigue con los Acumuladores o Inter acumuladores, que no son más que depósitos con capacidad y aislamiento suficiente para evitar, en lo posible, las pérdidas de energía.

En períodos de baja radiación térmica o con altas demandas de consumos, necesitaremos un sistema de apoyo que pueda cocinar los alimentos, independientemente del sistema solar, denominado sistema auxiliar. Por lo que podemos utilizarlo como un sistema híbrido utilizando algún combustible que caliente el horno y que pueda funcionar de manera convencional, esto dependiendo de las características de aplicación para el sistema termo solar en el cocimiento de alimentos [6].

## Metodología

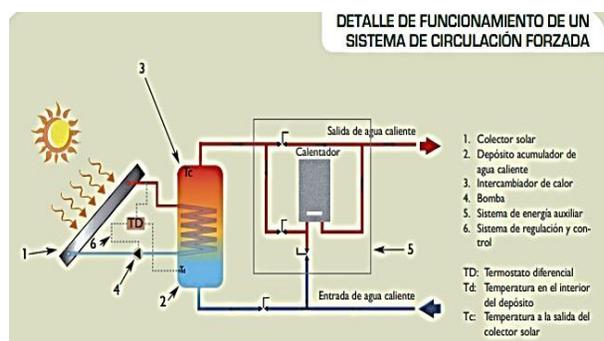
Para comenzar esta investigación se realiza con base al proyecto considerando la energía solar térmica, el cómo se fabrica un horno, cual material se ocupa, así como el desarrollo hablando de diseño, investigación y ensamble físicamente, para tener buenos resultados se modela y simula un horno termo solar tratando temas como son energías renovables, y sobre todo la energía solar la cual será la principal manera de obtener el calor para la cocción de alimentos, funcionando a través del aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, el proyecto dejó de ser una ilusión para convertirse en una realidad para todos aquellos comprometidos con la protección del ambiente, como se muestra en la figura 3 [2].



**Figura 3** Elementos de un sistema solar térmico

Fuente: [2]

En este caso más enfocado a la energía solar, el principio básico de funcionamiento de estos sistemas solares es sencillo, la radiación solar se capta y el calor se transfiere a un fluido, la cual será la energía primordial de obtener el calor para la cocción de alimentos funcionando, como se muestra en la figura 4 [2].



**Figura 4** Sistema de circulación forzada

Fuente: [2]

Para aprovechar la energía solar térmica se usa el captador solar, también denominado colector o placa solar. El fluido calentado se puede usar directa o indirectamente mediante un intercambiador de calor, en el caso del sistema termo solar el calentamiento del horno es a través de la transferencia de calor [2].

Para el análisis de la parte térmica debemos considerar las diferentes formas de transferencia de energía, como la conducción, que es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas.

La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio.

En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas, ubicadas en posiciones más o menos fijas de una red cristalina y al transporte de energía por parte de los electrones libres y considerando la ley de Fourier de la conducción que es:

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx}$$

Aquí,  $dT/dx$  es el gradiente de temperatura, esto es, la pendiente de una curva en un diagrama  $T - x$ , o sea la razón de cambio de  $T$  con respecto a la ubicación  $x$ . El calor es conducido en la dirección de la  $T$  decreciente y el gradiente de temperatura se vuelve negativo al crecer  $x$ . El signo negativo garantiza que la transferencia de calor en la dirección de  $x$  positiva sea una cantidad positiva.

La convección es un modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos, por lo que se considera la Ley de Newton del enfriamiento.

$$\dot{Q}_{conv} = hA(T_s - T_{fluido})$$

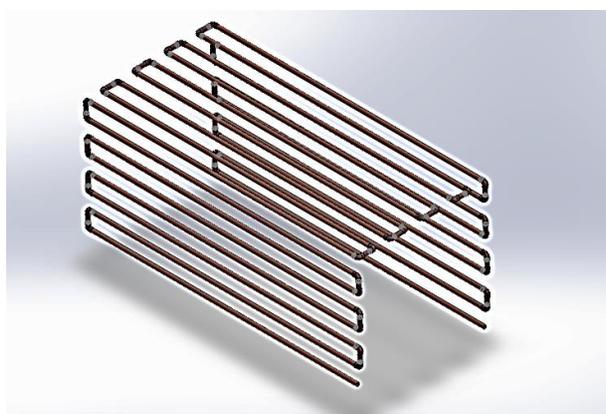
La radiación es la energía emitida por la materia en la forma de ondas electromagnéticas o fotones, como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. En los estudios de transferencia de calor es de interés la radiación térmica, que es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura [7, 10].

Además, analizamos la radiación solar que se establece de tres formas distintas [1]:

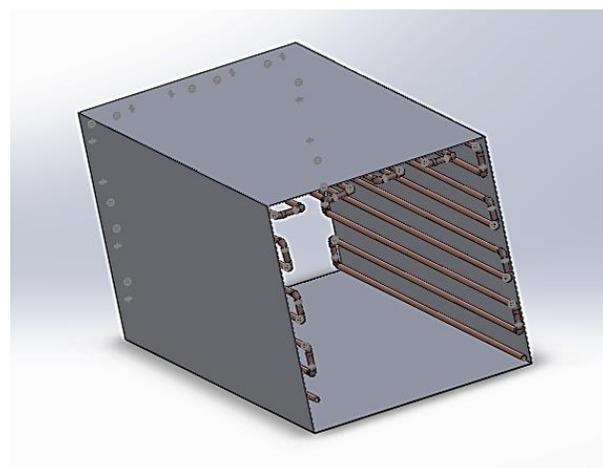
- Radiación directa: es la radiación que nos llega directamente del Sol; sin haber incidido con nada por el camino y, por tanto, sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación es la que produce las sombras. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado.

- Radiación difusa: es la radiación que nos llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmósfera como polvo, nubes, contaminantes, entre otros, por lo que ha cambiado de dirección. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado.
- Radiación reflejada o albedo: es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua (como cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante.
- La radiación global: es la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

Para el análisis se realizará a través del programa Workbench del programa computacional Ansys donde se realizará tanto el análisis estructural, como el análisis dinámico del mismo usando de primera mano para hacer el dibujo SolidWorks para posteriormente trasladarlo al primer programa computacional donde se realiza el análisis del elemento finito y el análisis fluid, como se muestra en la figura 5, donde está el serpentín que se colocara dentro del horno, así como en la figura 6, donde se muestra que el sistema termo solar está colocado dentro de la cámara del horno para que entre estos dos elementos contemos con el sistema aislante.

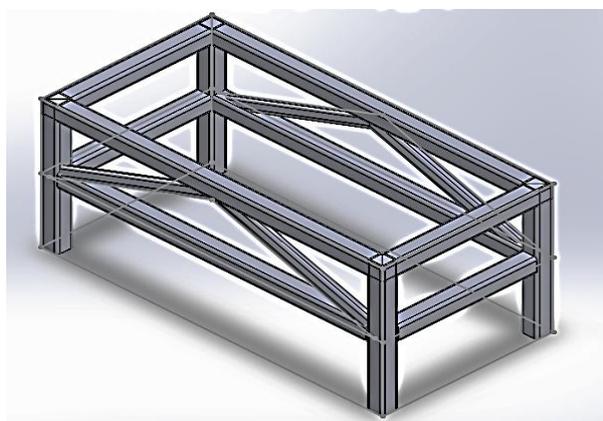


**Figura 5** Sistema termo solar  
Fuente: Elaboración propia



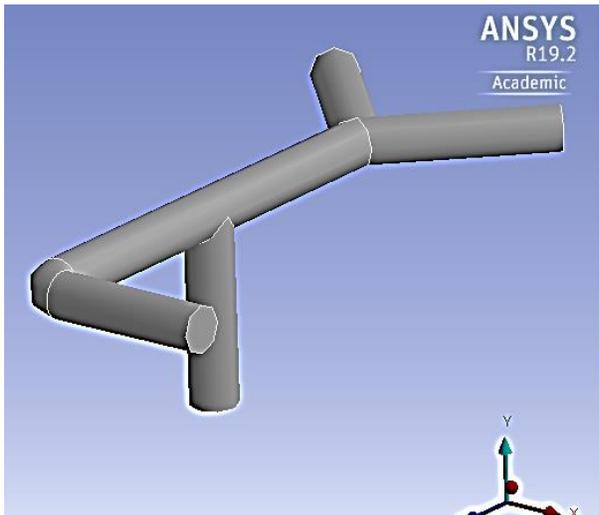
**Figura 6** Horno termo solar  
Fuente: Elaboración propia

Se realizó la base del horno para su análisis estructural y forma que sostendrá todos los elementos del proyecto, como se muestra en la figura 7.



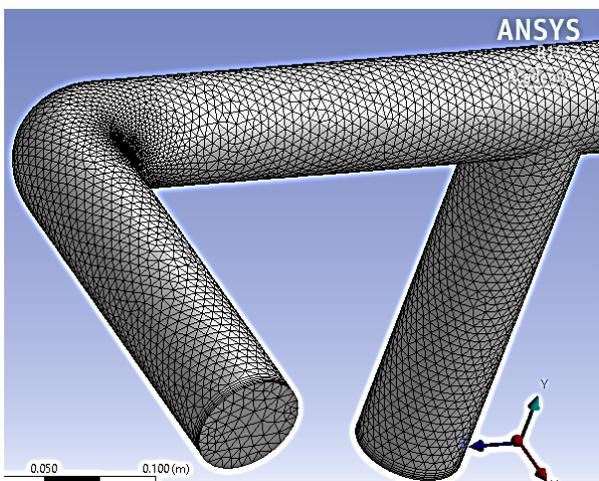
**Figura 7** Base del Horno termo solar  
Fuente: Elaboración propia

Con el análisis estructural del sistema termo solar, se desarrolló una simulación para el comportamiento térmico en las tuberías, considerando el aceite térmico TERMICAL-75, que contendrá nuestro sistema térmico, para lo cual se desarrollaron las diferentes simulaciones, como se muestra el fluido extraído de una tubería y se muestra en la figura 8. [9, 11].



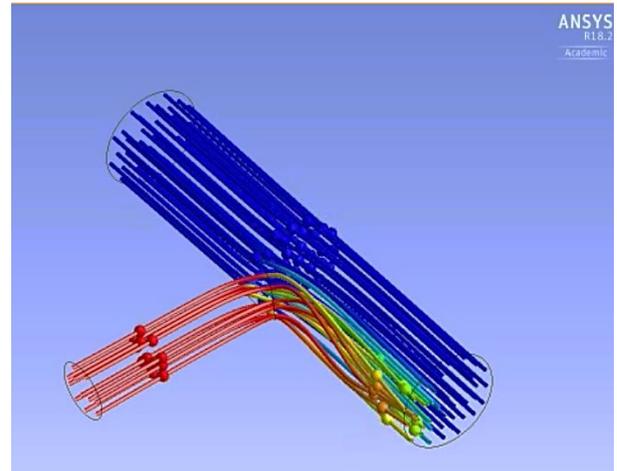
**Figura 8** Sistema termo solar tuberías  
Fuente: Elaboración propia

Con el sistema termo solar se desarrolla un análisis de elemento finito para determinar las características, como se muestra en la figura 9.

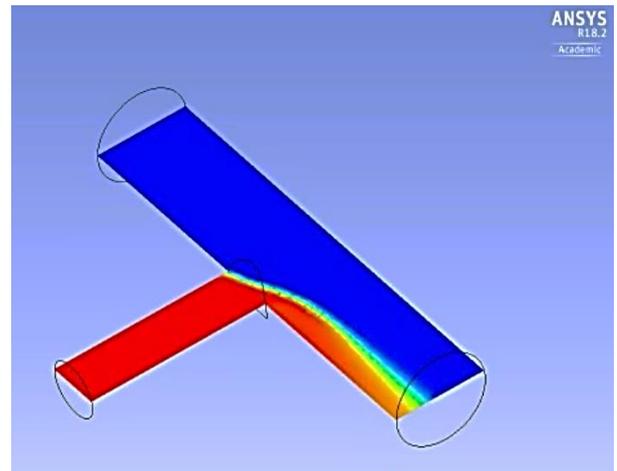


**Figura 9** Análisis de elemento finito sistema termo solar, tuberías  
Fuente: Elaboración propia

Se realiza a través de la simulación el comportamiento de tubería de acuerdo con las temperaturas de los fluidos por lo que se realizan análisis de Fluid Ansys, como se muestra en las dos imágenes de las figuras 10, 11 [9].



**Figura 10** Análisis fluid ansys del horno termo solar  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 11** Análisis fluid ansys del horno termosolar  
Fuente: Elaboración propia

Se realiza una investigación y análisis para poder conocer las zonas correctas para poder comercializar, vender e instalar el horno, ya que el clima y zonas donde se coloca el horno es muy importante para la realización del proyecto. Se realizará la instalación de microcontroladores para poder regular la temperatura del horno y así poder tener una mejor funcionalidad de esta, y una investigación ardua para saber cuáles serán nuestros microcontroladores perfectos para el uso que se necesita. En cuanto al calor que se piensa obtener, se realizara una investigación más de cómo y cuáles serán las ecuaciones para usar ya que es muy importante saber esto para determinar el tubo correcto ya que será por donde circule el líquido que dará el calor necesario para la cocción de alimentos.

En conclusión, se tendrá que el horno es una de las ideas más interesantes y difícil ya que tiene temas demasiado extensos lo cual nos dará mucha más información y más aprendizaje para poder dar un horno funcional y con mucha eficiencia.

## Resultados

Dentro del desarrollo del prototipo de un horno termo solar para el cocimiento de alimentos, se comenzó con los avances de la simulación, para iniciar con la realización de la base del horno, como se muestra en la figura 12.



**Figura 12** Inicio de la base del horno termo solar  
*Elaboración propia*

Con la base se realizó el horno termo solar donde se obtendrán diferentes pruebas y características de forma para la aplicación en alimentos, donde su base es de acero inoxidable ya que contendrá alimentos dentro, como se muestra en la figura 13 y figura 14.



**Figura 13** Horno termo solar  
*Fuente: Elaboración propia*



**Figura 14** Horno termo solar  
*Fuente: Elaboración propia*

Sistema de tuberías. Con las dimensiones del horno termo solar, se inició con el sistema de tuberías, el cual estaría captando la energía solar que sería nuestro colector, así como el sistema que estaría dentro del horno en la parte de transferencia de calor, como se muestra en la figura 15.



**Figura 15** Sistema termo solar de tuberías  
*Fuente: Elaboración propia*

El sistema termo solar para el cocimiento de alimentos está en la etapa final con la colocación del sistema de monitoreo y control para su implementación e instrumentación del proyecto.

## Agradecimiento

Al Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco el poder desarrollar el diseño, la simulación y propuesta de desarrollo del horno termo solar para el cocimiento de alimentos.

## Conclusiones

La simulación del horno termo solar para el cocimiento de alimentos permite establecer los elementos de análisis en su parte estructural y térmica y conocer las variables que serán importantes en la transformación de energía.

El análisis y diseño de los componentes que formaran el sistema termo solar son sistemas que deben ser analizados y evaluados, ya que podemos tener diferentes propuestas para mejorar estos elementos que ayuden al mejor aprovechamiento de la energía. Se determina con el proyecto que debemos establecer el intervalo de temperatura al cual trabaja nuestro proyecto para establecer cuales alimentos se podrán cocinar y que se tenga una buena cocción de alimentos dentro del prototipo armado.

Es necesario determinar diferentes fluidos que soporte más temperatura y que puedan ser utilizados en el sistema termo solar, para contar con mejor captación de calor dentro del horno. Determinar el funcionamiento y recorrido óptimo del fluido dentro del sistema termo solar, esto referido a que el fluido se encuentre a una velocidad constante, de mantenga a una temperatura ideal para el alimento y obtener calor perdido a través de otra alternativa, obteniendo la transferencia de calor en un 100%.

Es un proyecto de altos recursos económicos pero que obtendrá ciertos beneficios a largo tiempo como los es: ahorro en combustible, disminución de la contaminación eólica, etc. El proyecto establece, desarrolla y muestra la importancia del diseño, la simulación y el control dentro de la ingeniería para los sistemas de transferencia y aprovechamiento de energía, por lo que los resultados obtenidos demuestran el funcionamiento y la operación del sistema termo solar.

## Referencias

- [1] Rodríguez, J. and Hernández, C., (2008). Energías Renovables y Eficiencia Térmica. 1st ed. CANARIAS: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., pp.45-61.
- [2] García Valladares, O. and Pilatowsky Figueroa, I., (2017). Aplicaciones Térmicas De La Energía Solar En Los Sectores Residencial, Servicios E Industrial. 1st ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Energías Renovables, pp.101-134.
- [3] <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/como-funciona-la-energia-solar-termica/>
- [4] <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/baja-temperatura>
- [5] Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett. (2012), Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley, Ed. Mc Graw Hill, 9na Edición.
- [6] Ferdinand P.Beer, E Russell Johnston, Jr. (2004) Mecánica de Materiales, Tercera edición, Mc Grall Hill.
- [7] CENGEL & BOLES, (2010). Termodinámica. México. Mc Graw Gill
- [8] Ansys, (2017). Inc. Manual ANSYS 18.2, 2017.
- [9] Ansys, (2010). Inc. ANSYS FLUENT USER'S GUIDE, Release 13.0, November 2010.
- [10] Buigues N. A. (2012). Desarrollo de un Sistema Alternativo de Medición Distribuida: Experiencia Piloto en un Horno Solar Híbrido. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 16, 2012.
- [11] Sánchez Medina, Fernando. (2016). Diseño y análisis de un pequeño horno solar con Tonatiuh, <https://idus.us.es/handle/11441/50937>.

## Efecto de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa en la sensación térmica percibida en espacios exteriores en clima cálido seco

### Effect of dry bulb temperature and relative humidity on the thermal sensation perceived in outdoors spaces in hot dry climate

BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo†\*, LUNA-LEÓN, Aníbal, ROMERO-MORENO Ramona y JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica

*Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Arquitectura y Diseño, Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, Urbanismo y Diseño, México.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Gonzalo, Bojórquez-Morales* / ORC ID: 0000-0001-9303-9278, Researcher ID Thomson: C-8687-2018, CVU CONACYT ID: 79645, SNI CONACYT ID: 45005

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Aníbal, Luna-León* / ORC ID: 0000-0003-3480-0607, CVU CONACYT ID: 79641

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Ramona, Romero-Moreno* / ORC ID: 0000-0002-5853-0229, Researcher ID Thomson: F-4992-2818, CVU CONACYT ID: 122232, SNI CONACYT ID: 33982

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Verónica, Jiménez-López* / ORC ID: 0000-0003-1564-1479, CVU CONACYT ID: 399944

DOI: 10.35429/JOTI.2020.13.4.21.29

Recibido 20 Enero, 2020; Aceptado 30 Junio, 2020

#### Resumen

Las condiciones del ambiente térmico en espacios exteriores determinan no solo la calidad del mismo, sino también el riesgo de morbilidad por permanecer en él. La presente investigación tuvo como objetivo estimar el efecto de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa en la sensación térmica percibida en espacios exteriores en clima cálido seco. Se utilizó el enfoque de adaptación de confort térmico con el método de medias por intervalo de sensación térmica, el análisis consideró tres niveles de actividad para los periodos cálido (con 823 observaciones) frío (con 863 observaciones) y se estimó el nivel de adaptación de los sujetos en función de su sensación térmica. Los resultados indican que aun cuando el efecto crítico es por la temperatura de bulbo seco, la humedad relativa tiene un efecto importante en la sensación percibida.

**Sensación térmica percibida, Espacios exteriores, Clima cálido seco**

#### Abstract

Conditions of the thermal environment in outdoor spaces determine not only its quality, but also the risk of morbidity from remaining in it. The objective of this research was to estimate the effect of dry bulb temperature and relative humidity on the perceived thermal sensation in outdoor spaces in hot dry climate. The thermal comfort adaptation approach was used with the thermal sensation interval means method, the analysis considered three activity levels for the warm period (with 823 observations) and cold period (with 863 observations), and the adaptation level of subjects based on their thermal sensation. The results indicate that even when the critical effect is due to the dry bulb temperature, the relative humidity has an important effect on the perceived sensation.

**Perceived thermal sensation, Outdoor spaces, Hot dry climate**

**Citación:** BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo, LUNA-LEÓN, Aníbal, ROMERO-MORENO Ramona y JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica. Efecto de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa en la sensación térmica percibida en espacios exteriores en clima cálido seco. Revista de Invención Técnica. 2020. 4-13:21-29.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gonzalobojorquez@uabc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los riesgos de morbilidad y mortalidad por el uso de espacios públicos exteriores son una realidad en climas cálidos secos. Mexicali, Baja California presenta el mayor índice de mortalidad en México por golpes de calor (Díaz, Castro y Aranda (2013). Por otro lado, el conocer el efecto de la Temperatura de Bulbo Seco y la Humedad Relativa, sobre la sensación térmica percibida, permite visualizar condiciones de riesgo en el ambiente térmico urbano (CICC, 2009). El uso de un modelo de predicción por las implicaciones de variabilidad de ambientes térmicos y condiciones de los espacios exteriores y tiempos de permanencia no es adecuado, mientras que la aplicación del método de adaptación, debido a que es resultado de una evaluación de campo, se ajusta mejor a las condiciones exteriores (Höppe, 2002). La investigación sobre la sensación térmica percibida en exteriores es una necesidad para eventos como juegos olímpicos y ferias mundiales (Pickup y deDear, 2000), así como el uso de parques y espacios públicos exteriores (Nikolopoulou, 2004).

Hwang y Lin (2007), analizaron las condiciones de confort térmico en espacios exteriores y semi-exteriores, y demostraron como los sujetos disminuyen sus expectativas de confort térmico en espacios con esas características, por lo que aumentan su tolerancia a condiciones no confortables. Lin (2009) y Lin et al., (2011), desarrollaron un estudio sobre sensación y preferencia térmica en exteriores para periodo cálido y frío, en clima cálido húmedo. Se utilizó como modelo de referencia la nueva temperatura efectiva estándar (SET\*). Los resultados demostraron la adaptación de los sujetos a los periodos estudiados y el efecto de las variables meteorológicas.

Bojórquez-Morales *et al.*, (2012), realizaron un estudio de confort térmico en espacios exteriores, para tres niveles de actividad, en periodo cálido y periodo frío en un clima cálido seco extremo. Las temperaturas neutrales fueron aproximadamente simétricas con respecto a sus rangos de confort térmico. Los sujetos en actividad intensa presentaron mejor adaptación a las condiciones climáticas. Urías-Barrera (2019), desarrollo modelos de confort térmico para actividades deportivas intensas en espacios públicos exteriores.

Demostró que el nivel de actividad deportiva intensa amplia los rangos de neutralidad térmica, con valores que sobrepasan límites esperados por aclimatación.

La diferencia de este estudio con los mencionados es que se tuvo como objetivo estimar el efecto de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa en la sensación térmica percibida en espacios exteriores en Mexicali, Baja California.

Se utilizó el enfoque de adaptación de confort térmico con el método de medias por intervalo de sensación térmica, el análisis consideró tres niveles de actividad para los periodos cálido (con 823 observaciones) frío (con 863 observaciones) y se estimó el nivel de adaptación de los sujetos en función de su sensación térmica.

Los resultados indican que aun cuando el efecto crítico es por la temperatura de bulbo seco, la humedad relativa tiene un efecto importante en la sensación percibida.

## Método

El estudio de confort térmico en espacios exteriores, debido a la variabilidad de ambientes, condiciones de los espacios exteriores y tiempos de permanencia, no considera adecuado un modelo de predicción. Con base en lo anterior, se utilizó el enfoque de adaptación, con aplicación de encuestas con la escala de sensaciones percibidas de ISO 10551:2019, y uso simultáneo de un monitor de estrés térmico para registro de temperatura de bulbo seco (TBS) y humedad relativa (HR).

El trabajo de campo se realizó en el Centro Recreativo Juventud 2000 ubicado en Mexicali, Baja California (Latitud de 32°39'54" N y longitud de 115°27'21" O, 4 m s. n. m.). Clima es de tipo cálido seco extremo, con temperaturas promedio de máximas de 42 °C (con máximas extremas de 49 °C) y temperaturas promedio de mínimas de 8 °C, (con mínimas extremas de -3 °C) (Luna, 2008).

## Instrumentos y variables

La selección de variables a medir se basó en el efecto de las mismas en la sensación térmica percibida, para lo que se revisaron casos de estudio sobre confort térmico y medición en exteriores (del Campo y González, 2020; Oliveira y Andrade 2007; Hwang y Lin, 2007; Nikolopoulou, 2004; Spagnolo y deDear, 2003, Pickup y deDear, 2000; Potter y deDear, 2000 y Bojórquez-Morales *et al.*, (2012)) y las normas ISO 7730(2005), ISO 7726(1998) e ISO 10551(2019).

Los instrumentos fueron seleccionados por precisión, rangos de medición y disponibilidad. Las variables seleccionadas fueron: temperatura de bulbo seco, humedad relativa, velocidad de viento y temperatura de globo gris (para este trabajo solo se presenta en análisis de TBS y HR). Se utilizó un monitor de estrés térmico que mide temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, velocidad de viento (omnidireccional) y temperatura de globo negro (Figura 1). El proceso realizado y los instrumentos cumplen con lo requerido en la norma ISO 7726 (1998), por lo que los datos generados son de Clase I, según la clasificación de Brager y deDear (1998). El cuestionario fue diseñado con base en la norma ISO 10551(2019) y en el análisis de tres cuestionarios para estudios de confort térmico (Nikolopoulou, 2004, Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007, Bojórquez-Morales *et al.*, 2012).



**Figura 1** Monitor de estrés térmico  
Fuente: Tomada por los autores

## Trabajo de campo

El diseño de la muestra se basó en el número de personas que asisten al parque recreativo de estudio en los periodos seleccionados. Se diseñó una muestra, con una confiabilidad del 95% y precisión de los estimadores del 5%. El valor obtenido fue de 380 observaciones en promedio por periodo, debido a la aceptación del estudio entre los encuestados se llegó a 823 en periodo cálido y 863 en periodo frío.

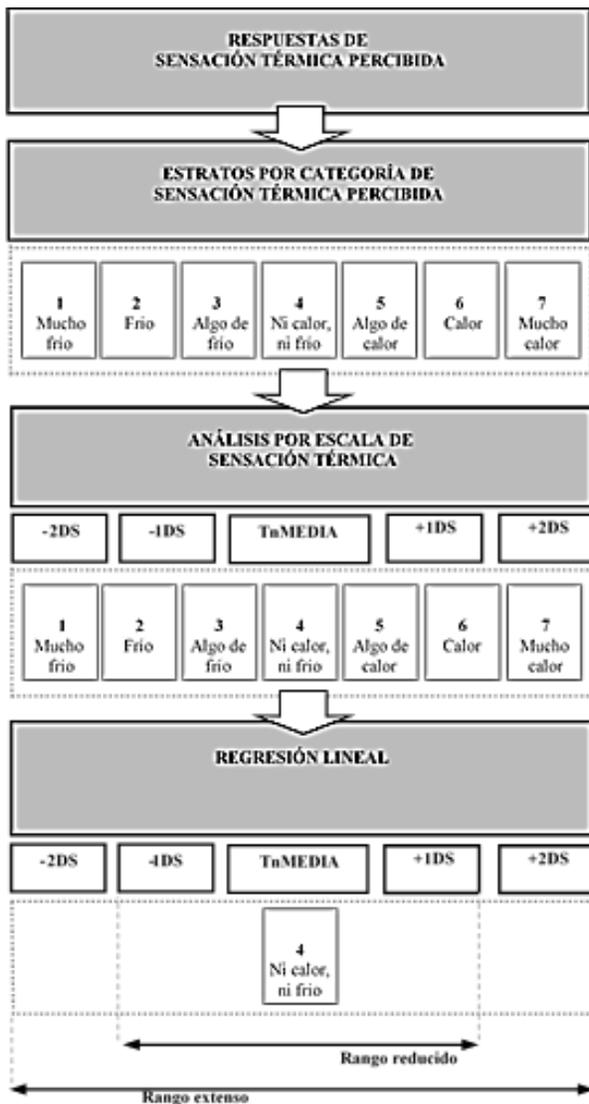
Los instrumentos se revisaron antes de salir a campo y antes de iniciar la aplicación de las encuestas. La selección sujetos para la aplicación del cuestionario se planeó de forma aleatoria, pero debido a problemas de aceptación de los encuestados se procedió a hacerlo de forma determinística. Los sujetos de estudio fueron hombres y mujeres entre 12 y 65 años de edad, no se incluyeron individuos con condiciones biológicas irregulares como enfermedades temporales o crónicas, embarazo, periodo de lactancia o periodo menstrual. Las encuestas se realizaron en los horarios de operación del parque (06:00 a 22:00 horas de lunes a domingo), de tal forma que se cubrieron todos los periodos de uso en proporción al nivel de asistencia al lugar.

## Medias por intervalo de sensación térmica

Se utilizó el método de medias por intervalo de sensación térmica (MIST) (Gómez-Azpeitia *et al.*, 2007), que se basa en la propuesta de Nicol (1993) para climas “asimétricos” (Figura 2).

La diferencia fundamental del MIST con el método convencional es que antes de obtener la línea de regresión que caracteriza a la muestra estudiada, se determinan grupos o estratos de esta para calcular el valor promedio y la desviación estándar de cada uno de ellos.

Así, la regresión no se hace con todos los pares de datos de la muestra, sino sólo con los valores medios y los rangos se establecen mediante la adición y sustracción de una o dos veces la desviación estándar (DS) de la muestra.



Nota: La representación de Temperatura neutral (Tn), cambia en función de la variable estudiada como Humedad neutral (Hn)

**Figura 2** Temperatura neutral y rangos de confort térmico con el método de medias por intervalo de sensación térmica

Fuente: Bojórquez-Morales, 2010

El objetivo de este procedimiento es determinar el valor medio de temperatura de todas las repuestas de cada nivel de sensación térmica percibida. Con este procedimiento, se calcula el valor de la temperatura promedio de los sujetos que dijeron sentirse en confort térmico, pero también de quienes expresaron otras sensaciones térmicas. Con base en lo anterior, se procesaron por separado los datos colectados en el estudio de campo de acuerdo con cada una de las siete categorías de respuesta de confort térmico según ISO 10551 (2019).

Se determinaron para cada una de ellas los valores promedio y desviación estándar de las temperaturas registradas para cada respuesta colectada. Cuando el número de respuestas de determinado grupo no era suficiente para obtener resultados confiables, se omitió el procedimiento y se eliminó la categoría. La intersección de cada una de las líneas de regresión con la ordenada cuatro (que representa la sensación térmica de confort: ni calor, ni frío) determinan el valor de la temperatura neutral (Tn) o humedad neutral (Hn) según el método MIST, así como los valores límites de los rangos de confort térmico por TBS o HR.

El objetivo de este procedimiento es determinar el valor medio de temperatura de todas las repuestas de cada nivel de sensación térmica percibida. Con este procedimiento, se calcula el valor de la temperatura promedio de los sujetos que dijeron sentirse en confort térmico, pero también de quienes expresaron otras sensaciones térmicas. Con base en lo anterior, se procesaron por separado los datos colectados en el estudio de campo de acuerdo a cada una de las siete categorías de respuesta de confort térmico según ISO 10551 (2019).

**Análisis de la información**

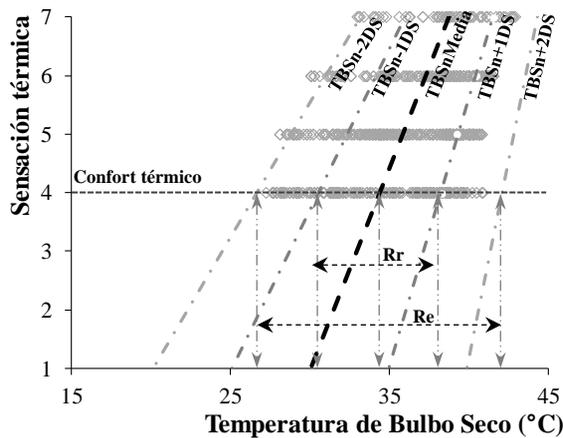
El análisis de la información con respecto a la sensación térmica percibida fue de tipo mixto, cualitativo desde una perspectiva fenomenológica en inicio con base en las líneas de regresión, mediante el desarrollo de las premisas que se observaron con los resultados gráficos. Se hizo además un análisis cuantitativo con base en las características de la ecuación de regresión de la línea de regresión media, por temperatura de bulbo seco y humedad relativa.

**Sensación térmica percibida**

El estudio consideró por separado las observaciones para tres niveles de actividad, conforme a Fanger (1986) e ISO 8996, (2005): pasiva, modera e intensa. Los resultados presentados incluyen los tres niveles juntos.

**Periodo cálido**

La sensación térmica por temperatura de bulbo seco mostró que los pocos casos que estuvieron fuera de los límites de confort térmico estimados, se presentaron hacia el extremo del rango extenso menor, además en lo que respecta al rango extenso mayor, no hubo casos que se aproximaran a esos valores. Lo anterior se debió a que en este caso se consideraron los tres niveles de actividad con diferentes características de adaptación térmica y psicológica de los sujetos, conforme a lo mencionado por Humphreys y Nicol, (2002) y Nikolopoulou y Steemers (2003) (Figura 3).



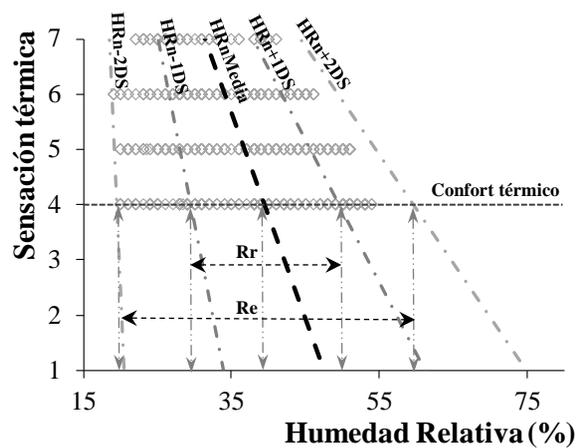
TBSn-2DS	TBSn-1DS	TBSn Media	TBSn+1DS	TBSn+2DS
26.7°C	30.5°C	34.4°C	38.2°C	42.1°C

Rango extenso (Re): 15.4°C	Rango Reducido (Rr): 7.7°C
----------------------------	----------------------------

**Figura 3** Temperatura de Bulbo Seco neutral (TBSn) y rangos de confort térmico en periodo cálido  
Fuente: *Elaboración propia*

Las líneas de regresión tuvieron una tendencia a ser convergentes con respecto a línea de regresión media, conforme se aumentó la sensación térmica de calor, lo que representó una mayor adaptación a las condiciones cálidas que a las frías, así como una variabilidad en las condiciones de adaptación térmica y psicológica de los sujetos, lo anterior se debió a que en este caso están incluidos los tres niveles de actividad. Con base en la desviación estándar, se puede decir que se presentaron diferencias significativas entre los niveles de adaptación para cada escala de sensación de los sujetos de estudio. Se observó una menor variabilidad conforme aumentó la temperatura, lo anterior indicó un mayor grado de adaptación a temperaturas altas en el periodo estudiado, lo que coincide con la teoría de adaptación de Humphreys y Nicol (2002) (Figura 3).

La sensación térmica por humedad relativa no presentó casos fuera de los límites de  $\pm 2DS$ ; Sin embargo, se observaron algunos valores próximos al límite de  $-2DS$ . Lo anterior se debió a una mejor adaptación a las condiciones de humedad menores al valor de HRnMedia, que bajo condiciones cálidas y procesos de adaptación coincidieron con lo mencionado por Humphreys y Nicol (2002) y Nikolopoulou y Steemers (2003), además de lo mencionado por Urias-Barrera (2019); ya que a mayor humedad relativa aumentó la sensación de desconfort térmico (Figura 4).



HRn-2DS	HRn-1DS	HRn Media	HRn+1DS	HRn+2DS
19.5%	29.5%	39.5%	49.6%	59.6%

Rango extenso (Re): 40.1%	Rango Reducido (Rr): 20.1%
---------------------------	----------------------------

**Figura 4** Humedad Relativa neutral (HRn) y rangos de confort térmico en periodo cálido  
Fuente: *Elaboración propia*

Las líneas de regresión fueron convergentes con respecto a línea de regresión media, conforme se aumentó la sensación térmica de calor y se redujo la humedad relativa, lo que representó una mayor adaptación a las condiciones cálidas con menor humedad relativa.

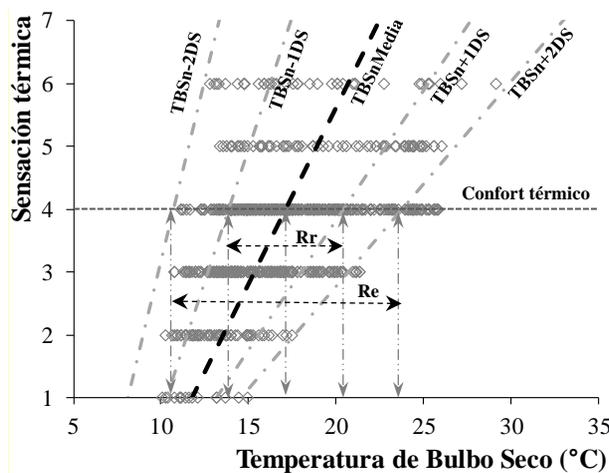
Además de una variabilidad en las condiciones de adaptación térmica y psicológica de los sujetos, con base en las sensaciones térmicas percibidas de “ni calor, ni frío” hasta “mucho calor”, lo anterior se debió a que en este caso están incluidos los tres niveles de actividad.

Con base en la desviación estándar se observaron diferencias entre los niveles de adaptación para las escalas de “ni calor, ni frío”, “algo de calor” y “calor”.

Se presentó una menor variabilidad conforme se redujo la humedad relativa y aumentó la sensación térmica hacia “mucho calor”, lo anterior indicó un mayor grado de adaptación a humedad relativa baja en el periodo estudiado, lo que coincidió con la teoría de adaptación de Humphreys y Nicol (2002) (Figura 4).

**Periodo frío**

La sensación térmica por temperatura de bulbo seco en periodo frío, mostró casos fuera de los límites de confort térmico hacia el extremo del rango extenso mayor (+2DS), lo que indicó menor grado de adaptación a temperaturas altas en este periodo. Lo cual se debió a que en este caso se consideraron los tres niveles de actividad con diferente actividad metabólica e intercambio energético con el ambiente térmico lo cual coincidió con Fanger (1972) e ISO 7730:2005 (Figura 5).

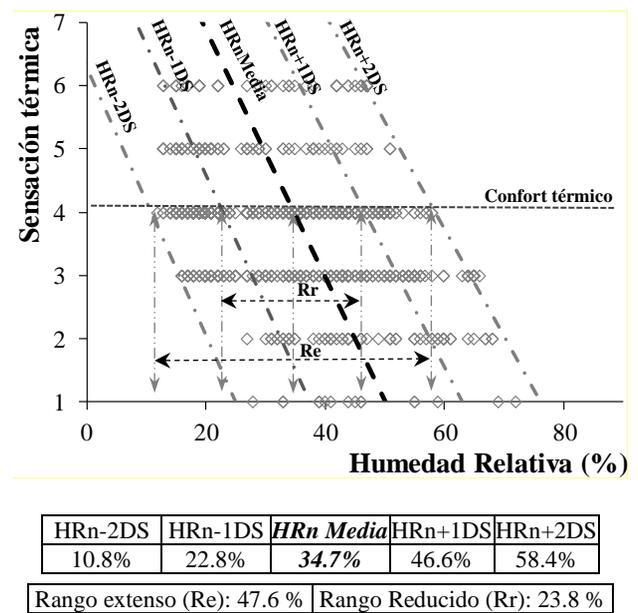


**Figura 5** Temperatura de Bulbo Seco neutral (TBSn) y rangos de confort térmico en periodo frío  
Fuente: Elaboración propia

Se observó una marcada reducción de la DS, conforme se redujo la sensación térmica a frío, con una convergencia significativa de las líneas de regresión con respecto a la línea de regresión media, lo que indicó una mayor adaptación a estas condiciones de ambiente térmico (frío) por parte de los sujetos estudiados, lo anterior es similar a lo afirmado por Höpfe (2002) y Nikolopoulou y Steemers (2003).

Se presentó una reducción en la temperatura en la sensación térmica de “calor” con respecto a la de “algo de calor” lo cual se debió a los niveles de actividad metabólica de los sujetos en esos casos, esto es similar a lo establecido por Fanger (1972) (Figura 5).

La sensación térmica por humedad relativa en periodo frío mostró casos fuera de los límites de confort térmico, solo en la sensación térmica de “algo de frío” hacia el extremo del rango extenso mayor (+2DS), lo que indicó menor grado de adaptación a humedad relativa mayor a 67% en este periodo (Figura 6).



**Figura 6** Humedad Relativa neutral (HRn) y rangos de confort térmico en periodo frío  
Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que se observó una inconsistencia en cuanto a la variación de DS de una escala de sensación térmica a otra, con cambios no mayores al 3% de humedad relativa lo cual no es significativo en la percepción del ambiente térmico conforme a lo establecido por Urias-Barrera (2019). Lo anterior se confirmó al observar que las líneas de regresión fueron visualmente paralelas entre sí, lo que indicó un nivel de adaptación similar en cada sensación térmica registrada. Además, se presentó una pendiente inclinada hacia los valores bajos de humedad relativa, lo que mostró una mejor adaptación a condiciones de poca humedad. Los rangos de confort obtenidos coincidieron con los valores propuestos por Urias-Barrera (2019), para exteriores e ISO 7730: 2005 para interiores (Figura 6).

## Estudio comparativo

El periodo cálido para la TBS (con base en su línea de regresión media) se caracterizó por tener una pendiente mayor que la HR en 46%. En el caso del termino independiente de la TBS fue mayor que la HR en 5%, aunque debido a la inclinación de las rectas el valor de TBS es negativo y el HR positivo. Con base en el coeficiente de determinación de la línea de regresión media de TBS, se observa una mayor representatividad comparada con HR, aun cuando el valor es del 1.5%, denota una mayor influencia en el efecto de TBS (Tabla 1).

Variable meteorológica	Características De la línea de regresión media	Valor obtenido
Periodo cálido		
Temperatura De bulbo Seco	Pendiente de la recta	0.6889
	Término	-19.689
	R <sup>2</sup> (LRM)	0.9982
Humedad relativa	Pendiente de la recta	-0.3734
	Término	18.757
	R <sup>2</sup> (LRM)	0.9833
Periodo frío		
Temperatura De bulbo Seco	Pendiente de la recta	0.5611
	Término	-5.6177
	R <sup>2</sup> (LRM)	0.9064
Humedad relativa	Pendiente de la recta	-0.1961
	Término	10.808
	R <sup>2</sup> (LRM)	0.8095
R <sup>2</sup> (LRM): Coeficiente de determinación de la línea de		

**Tabla 1** Características de la ecuación de regresión de la línea de regresión media, por temperatura de bulbo seco y humedad relativa

Fuente: *Elaboración propia*

El periodo frío presenta una pendiente de la recta 65% mayor para la TBS, con respecto a la HR. El termino independiente es mayor para HR en 48% con respecto a la TBS, y en este caso fue positivo para la HR y negativo para la TBS. Mientras que el coeficiente de determinación de la línea de regresión es 11% mayor para la TBS en comparación con la HR (Tabla 1).

## Conclusiones

La temperatura de bulbo seco, presenta una variación significativa entre un periodo de estudio y otro. En los periodos cálido y frío, tiene condiciones extremas y características de clima asimétrico (según Nicol, 1993), mientras que en los periodos de transición se observan condiciones de un clima templado de tipo simétrico. El fenómeno de adaptación se observa claramente en los cambios de valor de la TBSn para cada periodo de estudio.

La humedad relativa, en Mexicali se mantiene todo el año entre 30 y 65%, rango que está dentro de las condiciones de confort por HR establecidas por Cooper y Francis (1998). Lo anterior genera poca variación de porcentaje de HR entre cada escala de sensación térmica percibida, en los periodos estudiados y en todos los niveles de actividad. Esto ocasiona que los sujetos no desarrollen un proceso de adaptación a la humedad relativa ya que no hay cambios significativos de valores que estén fuera del rango entre confort y tolerables, por lo que en general el efecto de la humedad relativa es similar en la sensación térmica percibida por los sujetos durante los periodos estudiados.

Con base en la amplitud de rangos y trazo de las líneas de regresión para 1DS y 2DS, se puede afirmar que, en el periodo cálido, el efecto de la HR y TBS en la sensación térmica percibida, son similares ya que la variación de rangos es de 2 a 1. Sin embargo, en el caso del periodo frío se observa que aun cuando se mantiene la relación de 2 a 1 en la amplitud de rangos, las líneas de regresión en la HR tienden a ser paralelas entre sí, mientras que en la TBS son convergentes hacia la sensación térmica de calor. Lo que indica una adaptación más uniforme con respecto a la HR, pero también demuestra el mayor efecto de la TBS.

En lo que respecta al efecto en la sensación térmica por temperatura de bulbo seco y humedad relativa, durante periodo frío se observa un mayor peso para la TBS en comparación con la HR, y aunque en el periodo cálido las diferencias son mínimas (1.5%) el mayor peso también lo tiene la TBS.

Los resultados obtenidos pueden ser utilizados en procesos de diseño de espacios exteriores, como valores de referencia ante condiciones de riesgo por morbilidad en condiciones de ambiente térmico crítico, y en aplicaciones de indicadores de riesgo del efecto del clima sobre las condiciones humanas (Urias-Barrera, 2019).

## Agradecimientos

A todo el personal de apoyo en la organización y desarrollo en el trabajo de campo. Al Centro recreativo Juventud 2000, Universidad Autónoma de Baja California y Universidad de Colima, por todo su apoyo. A los Doctores LucaBoJi y ZuliBoJi, por su tiempo prestado para la realización de este trabajo.

## Referencias

- Bojórquez-Morales G. (2010). Confort térmico en exteriores: actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo. Mimeo. Tesis de doctorado. Universidad de Colima.
- Bojórquez-Morales G., Gómez-Azpeitia G., García-Cueto R., García-Gómez C., Luna-León A., Romero-Moreno R. (2012). Neutral temperature in outdoors for warm and cold periods for extreme warm dry climate. Proceedings of the 7th Windsor Conference: The Changing Context of Comfort in an Unpredictable World Cumberland Lodge, Windsor, UK, 12-15 April (2012). London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, <http://nceub.org.uk>
- Brager, G. and Dear de, R. (1998). Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and Buildings*, 27, 83-96.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), 2009, "Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012", Diario Oficial de la Federación, México, D. F., 28 de agosto.
- Cooper, C. y Francis C. (1998). *People places: design guidelines for urban open spaces*. New York-Toronto: John Wiley Sons, Inc.
- Díaz, R., Castro, A., Aranda, P. (2013). Mortalidad por calor natural excesivo en el noroeste de México: Condicionantes sociales asociados a esta causa de muerte. *Frontera norte* vol.26 no.52 México jul./dic. 2014. ISSN 2594-0260.
- del Campo, N. U., y González, J. N. (2020). Bioclimática, mediciones ambientales y uso de los espacios urbanos: Evaluación comparativa en la Plaza de Chamberí, Madrid. *REVISTARQUIS*, 9(1), 1-26.
- Fanger P.O. (1986). Thermal environment-human requirements. *The environmentalist*. Volume 6, Number 4, 275-278. Springer Netherlands.
- Fanger, O. (1972). *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill.
- Gómez-Azpeitia, G., Ruiz, R., Bojórquez, G., Romero, R. (2007). Monitoreo de condiciones de confort térmico (Producto 3). (Comisión Nacional del Fondo para Vivienda. Proyecto Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México, regiones de clima cálido seco y húmedo. CONAFOVI. 2004-01-20). Colima, Colima.
- Höppe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Building*, 34, 661-665.
- Humphreys, M. and Nicol, F. (2002). The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. *Energy and Buildings*, 34, 667-684.
- Hwang, R.-L., Lin, T.-P. (2007). Thermal comfort requirements for occupants of semi-outdoor and outdoor environments in hot-humid regions. *Architectural Science Review*, 50 (4), pp. 357-364.
- Internacional Organization for Standardization. ISO 10551. (2019) Ergonomics of thermal environment – assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Ed. International Organization for Standardization, Ginebra, pp 52.
- International Organization for Standardization. (2005). ISO 7730:2005 (E) Ergonomics of the thermal environment – analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Ginebra: Autor.
- International Organization for Standardization. 7726, (1998). Ergonomics of the thermal environment – instruments for measuring physical quantities. Ginebra: International organizations for Standardizations.

International Organization for Standardization. (2005). ISO 8996:2005 (E) Ergonomics of the thermal environment - Determination of metabolic heat production. Ginebra: Autor.

Lin, T.-P., deDear, R., Hwang, R.-I. (2011) Effect of thermal adaptation on seasonal outdoor thermal comfort. *International Journal of Climatology*, 31 (2), pp. 302-312.

Lin, T.-P. (2009) Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44 (10), pp. 2017-2026.

Luna, A. (2008). Diseño y evaluación de vivienda energéticamente sustentable. Tesis doctoral. Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali.

Nicol, F. (1993) Thermal comfort "A handbook for field studies toward an adaptive model". London, University of East London.

Nikolopoulou, M. (2004). Designing open space in the urban environment: a bioclimatic approach. Attiki: Center for renewable energy sources.

Nikolopoulou, M., and Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35, 95-101.

Oliveira, S., Andrade, H. (2007). An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. *International Journal of Biometeorology*, 52 (1), pp. 69-84.

Pickup, J. and de Dear, R. (2000). An Outdoor Thermal Comfort Index (OUT\_SET\*) - Part I - The Model and its Assumptions. In *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium. WCASP 50: WMO/TD No.1026*. Edited by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R.Oke and A. Auliciems. (WMO: Geneva). pp.279-283.

Potter, J. and de Dear, R. (2000). Field Study to Calibrate an Outdoor Thermal Comfort Index. In *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium. WCASP 50: WMO/TD No.1026*. Edited by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R.Oke and A.Auliciems. (WMO: Geneva). pp.315-320.

Spagnolo, J., deDear, R. (2003) A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and Environment*, 38 (5), pp. 721-738.

Urias-Barrera H. (2019) Confort térmico en espacios públicos exteriores para actividades intensas deportivas: en clima cálido seco extremo. Mimeo. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Baja California

## Aplicación de ethephon en una población de mezquite (*Prosopis* spp.) para la extracción de goma en Naica, Chihuahua, México

## Application of ethephon in a mesquite population (*Prosopis* spp.) for gum extraction in Naica, Chihuahua, Mexico

MAGAÑA-MAGAÑA, José Eduardo†, SÁNCHEZ-BERNAL Jorge Alberto, GONZÁLEZ-ANCHONDO, María Elvira'' y BARAY-GUERRERO, María del Rosario\*

†Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Delicias, Chihuahua, México.

''Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Contaduría y Administración, Delicias, Chihuahua, México.

ID 1<sup>er</sup> Autor: José Eduardo, Magaña-Magaña / ORCID: 0000-0002-7582-1925, CVU CONACYT ID: 201541

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Jorge Alberto, Sánchez-Bernal / ORCID: 0000-0003-0282-0750, CVU CONACYT ID: 745559

ID 2<sup>do</sup> Coautor: María Elvira, González-Anchondo / ORCID: 0000-0001-6111-1132 CVU CONACYT ID: 357321

ID 3<sup>er</sup> Coautor: María del Rosario, Baray-Guerrero / ORCID: 0000-0003-4923-2278, CVU CONACYT ID: 732621

DOI: 10.35429/JOTI.2020.13.4.30.40

Recibido 25 Enero, 2020; Aceptado 30 Junio, 2020

### Resumen

El objetivo de la investigación fue extraer goma de la planta de mezquite, para ello, se utilizó una hormona vegetal en concentración al 10%, 10.85, 15%, 20%, 25%. Se aplicó en cortes de tronco y ramas secundarias de los árboles. Los resultados indicaron que el 100% de las plantas tratadas produjeron goma. La duración del efecto de la hormona en la producción de goma fue de nueve semanas. Las cosechas se realizaron cada tres semanas. Ninguna planta manifestó signos de daño o deterioro. Se observó que conforme el árbol tiene mayor perímetro de fuste produce mayor cantidad de goma. Se observó además que la hormona vegetal aparentemente no causó daño biológico en las hojas y en las vainas de acuerdo con la observación visual comparándolo con otros árboles sin tratamiento. El análisis químico proximal que ambas gomitas de mezquite y huizache tienen semejanza e incluso mejoran los parámetros requeridos por la Food and Drug Administration para el uso de la goma arábiga en la industria alimenticia. Los periodos de producción y cosecha son de febrero a junio y de septiembre a diciembre. Se tiene una producción promedio estimado de alrededor de 180 gr por árbol temporada de producción.

**Emulsificante, Industria alimenticia, Resinas, Especies nativas no maderables**

### Abstract

The objective of the research was to extract gum from the mesquite plant, for this, a plant hormone in concentration of 10%, 10.85, 15%, 20%, 25% was used. It was applied to cuts of trunk and secondary branches of trees. The results indicated that 100% of the treated plants produced gum. The duration of the hormone's effect on gum production was nine weeks. Harvests were made every three weeks. No plant showed signs of damage or deterioration. It was observed that as the tree has a greater perimeter of the stem, it produces a greater amount of gum. It was also observed that the plant hormone apparently did not cause biological damage to the leaves and pods according to visual observation compared to other trees without treatment. The proximal chemical analysis that both mesquite and huizache gums have similarity and even improve the parameters required by the Food and Drug Administration for the use of gum arabic in the food industry. The production and harvest periods are from February to June and from September to December. There is an estimated average production of around 180 gr per tree production season.

**Emulsifier, Food industry, Resins, Non-timber native species**

**Citación:** MAGAÑA-MAGAÑA, José Eduardo, SÁNCHEZ-BERNAL Jorge Alberto, GONZÁLEZ-ANCHONDO, María Elvira y BARAY-GUERRERO, María del Rosario. Aplicación de ethephon en una población de mezquite (*Prosopis* spp.) para la extracción de goma en Naica, Chihuahua, México. Revista de Invención Técnica. 2020. 4-13:30-40.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: rosariobaray@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El mezquite es considerado como un recurso valioso para comunidades rurales. Se distribuye como especie nativa en el sur de Estados Unidos de América (USA) y norte de México en zonas áridas y semiáridas. Se ha sobreexplotado principalmente como carbón y leña. En algunas comunidades es visto como agente invasor por lo que se han deforestado extensas áreas nativas de mezquite como una práctica sin control para usar las tierras en el cultivo y la ganadería. Por lo que se sugieren alternativas de manejo, aclareos y realizar plantaciones nuevas para seguir aprovechando sus recursos (CONAZA, 1994). El objetivo general de esta investigación es contribuir al desarrollo económico de los habitantes del desierto de Chihuahua de la región de Naica a través de la producción y cosecha de la goma de mezquite en áreas nativas y la preservación de esta especie. Se tomó el manejo de la goma en base a procedimiento usado por Reséndiz N. *et al*, (2016) en su estudio: goma de mezquite y huizache como alternativa de aprovechamiento en sistemas agroforestales y los sugeridos en el uso de esta en la elaboración de alimentos y su tratamiento.

Se persiguieron los siguientes resultados: Producir goma de mezquite en poblaciones nativas utilizando etileno en la localidad de Naica, Chihuahua, definir cuál técnica o tratamiento es mejor para la producción de la goma de mezquite sin que cause daño o deterioro al árbol, evaluar el comportamiento de las variables críticas de las poblaciones nativas como perímetro de fuste, altura de corte, diámetro de incisión de corte, grado de inclinación y profundidad, edad del árbol, producción de goma y verificar que no exista daño biológico o infestación de plagas, realizar un análisis proximal de la goma de mezquite al 15% y 20% y de huizache en laboratorio de fisicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua y compararlos con los resultados obtenidos por Reséndiz *et al*. (2016). E identificar las probables fuentes de compradores de la goma de mezquite teniendo como base el uso de la goma arábiga.

## Antecedentes

Autoridades del ejido Naica, Chihuahua solicitaron una entrevista con autoridades e investigadores de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (FCAYF) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) para analizar la situación actual del ejido, en virtud de que la empresa dueña de la mina en su convenio de trabajo con el ejido le proporcionaba agua para irrigar 500 ha de cultivo. Al cerrar la mina en octubre de 2015, se dejó de contar con el agua. Así mismo manifestaron que tienen una superficie nativa de mezquite de aproximadamente 700 ha de diferentes edades. En la reunión con los ejidatarios se llegaron a los siguientes compromisos con la comunidad:

- Proyecto para la producción de goma de mezquite con apoyo de la FCAYF de la UACH.
- Procesar la vaina para uso de alimentación humana y animal.
- Aprovechar la flor del mezquite en la alimentación de abejas para la producción de miel de abeja.

## Planteamiento del problema

En virtud de que la empresa Peñoles, dueña de la mina en su convenio de trabajo con el ejido le proporcionaba agua para irrigar 500 ha de cultivo. Al cerrar la mina en octubre de 2015, se dejó de contar con el agua, además de generar un gran desempleo.

## Justificación

La FCAYF atendiendo el compromiso con el Ejido Naica, Saucillo y en su línea de investigación de generación y transferencia de tecnología apoya la investigación aplicada para la producción de goma de mezquite en dicho Ejido. Manifestaron que tienen una superficie nativa de mezquite de alrededor de 700 ha de diferentes edades. Se tiene una oportunidad de mercado para producir goma de mezquite debido a la demanda de la goma arábiga que es utilizada en la industria alimentaria, farmacéutica e industrial y es importada.

Se establece el método de producción y cosecha y con este estudio se le dará al Ejido los resultados de su contenido bioquímico que permite establecer si es apto para el consumo humano y hacer el comparativo con anteriores estudios, además de buscar las fuentes para su manejo y purificación y el aprovechamiento comercial.

## Objetivos

### General

Investigar y aplicar el proceso de producir goma de mezquite bajo condiciones de poblaciones nativas utilizando una hormona vegetal en la localidad de Naica, Chihuahua.

### Específicos

- Definir cuál técnica o tratamiento hormonal vegetal es mejor para la producción de la goma de mezquite sin que cause daño o deterioro al árbol.
- Evaluar el comportamiento de las variables críticas de las poblaciones nativas como perímetro de fuste, altura de corte, longitud de incisión de corte, grado de inclinación y profundidad, edad del árbol, producción de goma y verificar que no exista daño biológico o infestación de plagas.
- Realizar un análisis proximal de la goma de mezquite (*Prosopis glandulosa*) y compararlo con la de huizache (*Acacia spp*) y la goma arábica.
- Identificar las probables fuentes de compradores de la goma de mezquite teniendo como base el uso de la goma arábica.

## Descripción del método

El enfoque de este estudio es cuantitativo de tipo: exploratorio, descriptivo y explicativo. Se consideró el estudio realizado por Reséndiz N. *et al.* (2016), las sugerencias de los pobladores de la comunidad. Además, se inició un proceso de pruebas donde se definió la altura de los cortes, la longitud, la profundidad y el rango mínimo y máximo aceptable de la hormona vegetal sin que esta causara algún daño a la planta nativa de mezquite.

## Fuentes de información secundarias

Tesis y artículos científicos y entrevistas con pobladores nativos.

## Fuentes de información primarias:

### Localización del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el Ejido Naica municipio de Saucillo; está situada en centro-sur del estado de Chihuahua tiene categoría de Sección Municipal del municipio de Saucillo. Sus coordenadas geográficas son 27°51'17"N 105°29'33"O y tiene una altitud de 1,340 metros sobre el nivel del mar, se localiza a 40 kilómetros al sur de la ciudad de Delicias y a 24 kilómetros al oeste de Conchos desde donde lo separan 10 kilómetros de la cabecera municipal, la ciudad de Saucillo.

Las principales vías de comunicación son dos carreteras estatales pavimentadas que la unen a Delicias y a Estación Conchos, en ambas poblaciones enlazando a la Carretera Federal 45 (Figura 1). Tiene 4,938 habitantes con 2492 hombres y 2446 mujeres. El clima es semiárido extremo, con una temperatura máxima de 41.7°C y una mínima de -14.1°C; su temperatura media anual es de 18.3°C. Tiene una precipitación pluvial media anual de 363.9 milímetros, con un promedio de 61 días de lluvia y una humedad relativa del 48%; sus vientos dominantes son del sudoeste.

El mezquite es una planta nativa dentro la flora (INEGI 2010), representando la población de estudio. El suelo es propicio para actividades mineras, agrícolas y ganaderas. Hasta hace tres años la minería fue la principal fuente de empleo (80%).



Figura 1 Macro localización

### Población de estudio

Área nativa de mezquite en el Ejido Naica, municipio de Saucillo, Chihuahua.

### Materiales, herramientas y equipo

- Materiales: El producto a aplicar es una hormona vegetal (etileno) y agua destilada.
- Herramientas para limpiar y delimitar las áreas nativas: machetes, tijeras para poda, azadón, estacas y GPS.
- Equipo para realizar los cortes en fuste y ramas: formón y martillo.
- Equipo de aplicación: jeringas, recipientes para colocar la mezcla de la hormona vegetal con agua destilada, una para cada porcentaje de tratamiento.
- Equipo de protección: guantes y máscara.
- Equipo para recolección de la goma: formón, bolsas plásticas.
- Equipo para pesado: báscula de precisión.

### Metodología

- Se ubicaron las áreas de aplicación con el GPS para la toma de muestras.
- Acondicionamiento de las áreas o cuadrantes a tratar para tener acceso a ellas debido a que son áreas densamente pobladas por el mezquite y otras especies realizando senderos con herramientas adecuadas para manejo y aclareo en vegetación.
- Los tratamientos se aplicaron en cuadrantes de alrededor de 20 m x 20 m. Los tratamientos considerados para el estudio exploratorio de ver el rango de tratamientos que no cause daño y que exprese la producción de goma fueron: 10%, 15%, 20% y 25% para la producción de goma.

- Las mezclas se realizaron en contenedores de plástico o vidrio esterilizados uno por tratamiento (ver Tabla 1) y en cantidad requerida para el experimento a aplicar en el momento, debido a que una vez que se elabora la mezcla, el efecto de la hormona es de 6 horas.

Tratamiento (Para 100 ml)	Etileno (ml)	Agua (ml)
10.00%	24	76
10.85%	26.04	73.96
15.00%	62.5	37.5
20.00%	83.33	16.66
25.00%	100	0

**Tabla 1** Composición de tratamientos por cada 100 ml de solución

Fuente: *Elaboración propia*

- Se inició con una prueba el 15 de marzo de 2017 utilizando el tratamiento de 10.85%, que fue aplicado a 5 árboles de mezquite para empezar el proceso de conocer el comportamiento del producto y su efecto en el árbol.
- Una vez que se observó que no había daño, se hizo la segunda aplicación a 18 árboles con los tratamientos 10%, 15% y testigo el 28 de abril y recolectado el 3 de junio 2017 para determinar la altura en el tronco principal y la profundidad del corte.
- Con esta experiencia previa se aplicaron los tratamientos del 15%, 20% y 25%. (el 21 de febrero de 2018 y recolectado en tres fechas).
- Se realizaron los cortes en tronco principal desde los 50 cm de altura del suelo y en 3 ramas secundarias con formón y martillo. El ángulo de corte fue de 30 a 35 grados. La longitud del corte dependió del perímetro del fuste y de la rama, que fue entre 2.5 y 5cm.
- Una vez atravesada la corteza, la profundidad del corte en el leño alrededor del cambium fue de medio a un centímetro, de acuerdo con el grosor de la corteza y del perímetro.

- Se aplicaron los tratamientos con una jeringa de 5 ml. La cantidad de mezcla de hormona vegetal más agua destilada aplicado a cada planta de mezquite nativa fue de la siguiente manera: un ml en el corte del tronco principal y 0.5 ml en cada rama secundaria, usando equipo de protección: guantes y máscara.
- La observación debe ser continua a las plantas tratadas y la recolección de la goma de mezquite se realizó en la tercera semana después de la aplicación del tratamiento en bolsas plásticas y se pesó en báscula de precisión; se continuó recolectando cada tres semanas hasta que dejó de escurrir.
- Se realizó un análisis proximal a las muestras de la goma de mezquite al 15% y 20% y huizache recolectadas en las áreas nativas por el laboratorio de análisis de agua y alimentos de la UACH (REG EF/573, S.S.A. REG JMA-PSAL-002-93. CED. PROF. 7915859), el 26 de junio de 2018.

## Resultados

Para dar respuesta al objetivo 1: definir cuál técnica o tratamiento es mejor para la producción de la goma de mezquite sin que cause daño o deterioro al árbol, se presentan las siguientes tablas 2, 3, 4. El primer experimento exploratorio se realizó el 15 de marzo del 2017 a 5 árboles aplicándoles la hormona vegetal a base de etileno diluida con agua destilada y se visitó a la semana, observando que algunos árboles ya empezaban a escurrir la goma en los cortes principalmente, se prosiguió la observación semanalmente y se recolectó con formón en papel encerado, el 28 de abril y se pesaron en báscula de precisión en el laboratorio de suelos de la FCAyF. Escurrieron goma: el árbol 1= 50.48 gr, el árbol 2= 48.61 gr, el árbol 3= 21.84 gr, el 4 = 9.8 gr, el 5= 29.35 gr. Estos primeros indicios dieron la base para las siguientes aplicaciones. El primer experimento se realizó el 28 de abril, después de haber preparado con aclareos y senderos el área a tratar días antes a la aplicación con personal del Ejido asignado para dicha tarea. Estableciendo 18 árboles por área, 9 juveniles o de fuste delgado y 9 de fuste más grueso o adultos, a tres alturas con un mismo tratamiento del 10.85%. (Tabla 2).

Altura de corte cm	Tronco		Rama secundaria		Asociado		Total
	Peso gr		Peso gr		Peso gr		
	ST	CT	ST	CT	ST	CT	
50	0	16.23	0	9.28	0	4.73	30.23
60	0	23.25	0	39.06	0	3.44	65.75
70	1.55	7.49	0	14.98	0	3.74	27.76

**Tabla 2** Tratamiento al 10.85 % de solución y tres alturas en el tronco principal. Aplicado el 28 de abril y recolectado el 3 de junio de 2017

*Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo*

Como se observa en el cuadro 4, los resultados indicaron que, de las tres alturas de corte en el tronco principal, la altura del corte de 60 cm en promedio fue mayor. El corte en rama secundaria produjo en promedio, un 34.7% más que la incisión de tronco. Pero de manera general el corte en el tronco principal por ergonomía se puede realizar desde los 50 cm de altura del piso en el tronco o fuste del árbol.

Al observar que en esta primera etapa la hormona vegetal no causó daño o problema a la planta, se procedió a elaborar otro experimento como segunda fase aplicado el 3 de mayo del 2017, usando como prueba los tratamientos del 10%, 15% y uno como testigo. A este último no se le aplicó la hormona vegetal, solo se le realizaron los cortes correspondientes: uno en el fuste desde una altura de los 50 cm del suelo con una longitud de aproximadamente 5 cm y los cortes en tres ramas a una distancia de la bifurcación de esta de alrededor de 15 cm a 30 cm según lo permitía el ángulo de inclinación de la rama con una longitud que oscilaba de 2.5 a 5 cm según el perímetro de esta.

Se aplicó un ml de solución de agua destilada con la hormona vegetal a base de etileno con una jeringa con aguja en el corte de fuste y 0.5 ml en cada corte de cada rama secundaria, con una profundidad aproximada de 1 cm en esta fase. Se usó equipo de seguridad arriba mencionado. Se recolectó la goma de mezquite al mes de la aplicación de mismo con formón en papel encerado de cocina y se colocó en bolsitas individuales, una por árbol identificando cada una de ellas. Los resultados se observan en la Tabla 1.

T1 (10%)		T2 (15%)		T3 (Sin tratamiento)	
Numero de árbol	goma (gr.)	Numero de árbol	goma (gr.)	Numero de árbol	goma (gr.)
1	3.35	1	66.85	1	0
2	0	2	22.15	2	0
3	1.91	3	11.13	3	1.08
4	0	4	17.67	4	0
5	23.83	5	4.04	5	0
6	47.36	6	39.67	6	0
Promedio	12.74		26.92		0.18

**Tabla 3** Aplicación de tratamientos al 10%, 15% y sin tratamiento. Aplicado el 3 de mayo y recolectado en 3 de junio 2017

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

Las observaciones que se desprenden de este cuadro son que los árboles con tratamientos del 15% y 10% escurrieron mayor cantidad de goma que los árboles a los que solo se les realizaron los cortes o incisiones. Así mismo se observa una amplia variabilidad entre los tratamientos del 10% y 15% y en promedio el tratamiento del 15% supera por encima del doble al del 10%, pudiendo atribuírsele esto a la diversidad de variables que conlleva el experimento.

Se continuó con la siguiente fase experimental el 5 de julio del 2017 aplicando a dos áreas los tratamientos anteriores de lo que no se pudo conseguir información debido a que comenzó la época de lluvias y la goma se escurrió de los árboles debido a que la goma de mezquite es soluble en agua.

En el mes de octubre se aplicaron tratamientos a cuatro áreas que se nombraron de acuerdo a donde se ubicaban en el rodal tomando como referencia la característica que hacía posible encontrarlo con mayor facilidad, nombrándolas como: área de puerta, laguna de oxidación 1, laguna de oxidación 2 y el puente. En cada área se promediaron los pesos de la goma escurrida por tratamiento como se observa en la Tabla 4.

Área	Promedio en gr Tratamiento 10%	Promedio en gr Tratamiento 15%	Promedio en gr S/T
Puerta	21.33	41.30	0.00
Laguna de Oxidación 1	26.10	22.88	1.50
Laguna de Oxidación 2	16.94	14.55	3.10
Puente	22.76	30.11	0.50
Promedio/área	<b>21.78</b>	<b>27.21</b>	1.28

**Tabla 4** Aplicación de tratamientos al 10%, 15% y sin tratamiento el 14 de octubre y recolectado el 14 de noviembre de 2017

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

Como se observa en el cuadro 6, continúa siendo el tratamiento del 15% el que más favorece al escurrimiento de goma, aunque se aprecia que en esta época de otoño - invierno es menor comparado con los aplicados al salir de la dormancia la planta que es en los primeros meses del año. También a lo largo de todo el año se observó escurrimiento en algunos árboles sin aplicación de etileno siendo más frecuente en el periodo de otoño - invierno, ya que hubo árboles llegaron a escurrir desde medio hasta más de un kilogramo de goma, los cuales fueron difíciles de cuantificar debido a que únicamente se recolectaban los que se encontraban cerca de las áreas de aplicación y en los árboles ubicados en los alrededores de la zona urbana y en los predios de cultivo.

En base a los resultados anteriores se procedió a aplicar nuevos tratamientos que fueron el 15%, 20% y 25% para observar el comportamiento de la planta conforme se aumenta el contenido de hormona, se muestran los resultados en la Tabla 5.

Tratamiento 1-T1(15%) 2-T2(20%) 3-T3(25%)	Perímetro de fuste (cm)	Rango de perímetro de fuste	Recolección 15/03/2018	Recolección 05/04/2018	Recolección 24/05/2018	Peso Total	Promedio por grueso de fuste
1	16	1	33.1	22.7	26.9	82.7	
3	19	1	25.4	22.3	20.5	68.2	75.45
1	38	2	55.7	50.3	35.6	141.6	
1	30	2	72.6	59.5	35.2	167.3	
1	40	2	30.5	42.9	20.6	94	
2	47	2	57.6	37	9.8	154.4	
2	32	2	60.9	55.7	8.5	125.1	
2	41	2	107.7	95.3	80.7	283.7	
2	29	2	167.9	155.2	0	323.1	
2	29	2	115.7	162.2	114.6	392.5	
3	45	2	130.8	125.4	104.5	360.7	
3	40	2	33.6	22.02	20.5	76.12	
3	41	2	77.9	109.1	43.1	230.1	213.51
3	57	3	38.8	54.3	40.12	133.22	
1	68	3	32.6	37.8	35.2	105.6	
1	65	3	102.9	173.6	100.4	376.9	
2	52	3	46	83.6	110.1	239.7	
3	74	3	116.5	110.5	69	296	230.28

**Tabla 5** Peso promedio en gr por árbol con tratamientos al 15%, 20% y 25% de solución. Aplicado el 21 de febrero de 2018 y recolectado en tres fechas. Pesos promedio por grosor de fuste

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la información recabada en campo

Como se observa en la Tabla 5 existe, una amplia variación en los pesos totales de goma escurrida por árbol como respuesta a la aplicación de la hormona vegetal. Esto obedeció a la diversidad de los árboles que crecieron en las áreas nativas. Se concluyó que el árbol de mezquite produce goma controlada desde el perímetro de 15 cm como una respuesta a la hormona vegetal.

El problema que se presenta en estos árboles es la absorción del producto por eso las diferencias de producción de goma. A medida que los árboles tuvieron mayor perímetro la absorción de la hormona fue mejor. Y en general se observó mayor volumen de producción de goma. La altura de corte óptimo se obtuvo con árboles de un solo fuste, siendo este a partir de 50 cm del suelo para el tronco principal.

El árbol de mezquite tiene una característica de que a determinada altura del fuste principal (alrededor de un metro, metro y medio) se bifurca creando ramas secundarias con un promedio de tres.

La aplicación en las ramas secundarias fue a una distancia de la bifurcación entre 15 y 30 cm dependiendo del ángulo de la rama. La longitud del corte en tronco principal se estableció de 5 cm y para las ramas secundarias desde 2.5 cm a 5 cm dependiendo del grosor de esta. La inclinación del corte es de cerca de 30 a 35 grados.

La población nativa de mezquite compite en espacio y luz con distancia de un metro y medio entre arboles con diferentes edades creándose una especie de bosque de difícil acceso, para lo cual fue necesario el aclareo y la construcción de senderos. Considerando cuadrantes de aproximadamente de 20 x 20 m. Se seleccionaron 9 árboles jóvenes y 9 adultos de acuerdo con el grosor del tronco para ser tratados (total 18). Una vez atravesada la corteza, debido a que es la diferencia entre árboles jóvenes y adultos, la profundidad del corte en el leño alrededor del cambium fue de medio centímetro a un centímetro.

La observación debe ser continua a las plantas tratadas y la recolección de la goma de mezquite se realizó en la tercera semana después de la aplicación del tratamiento en bolsas plásticas y se pesó en báscula de precisión; se continuó recolectando cada tres semanas alrededor de 90 días hasta que dejó de escurrir. Para dar respuesta al objetivo 3 de esta investigación, se realizó el análisis proximal a las muestras de la goma de mezquite con los tratamientos del 15% y 20% recolectadas en las áreas nativas. Esta prueba fue realizada por el laboratorio de análisis de agua y alimentos de la UACH (REG EF/573, S.S.A. REG JMA-PSAL-002-93. CED. PROF. 7915859), el 26 de junio de 2018. El análisis químico proximal mostro diferencias en el contenido de los carbohidratos y proteínas de ambas especies de acacias (Tabla 6). La goma de huizache presento el contenido menor de carbohidratos (68.49%), este valor es aproximadamente un 20% menor que en la goma de mezquite al 15% (80.69 %) y que en la goma de mezquite al 20% en comparación de la goma arábica que se está tomando de referencia y no se reportó este dato.

Especies	Humedad %	Cenizas %	Proteína %	Grasa total %	Carbohidratos %
Goma de Huizache de Naica ( <i>acacia farnesiana</i> )	17.49	4.37	5.09	4.53	68.49
Goma de Mezquite de Naica ( <i>prosopis glandulosa</i> ) (15%)	10.09	2.16	2.94	4.10	80.69
Goma de Mezquite de Naica ( <i>prosopis glandulosa</i> ) (20%)	10.49	2.19	6.65	6.40	74.26
Goma Arábica ( <i>acacia senegal</i> y <i>acacia seyal</i> )	10-20	5	2.1	NR	NR

**Tabla 6** Datos fisicoquímicos de las gomas analizadas comparadas con la goma arábica

Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la UACH (Anexo 1) y Reséndiz et al. (2016)

Los carbohidratos son un importante componente químico que modifica la capacidad de espesamiento y promueve la estabilidad de emulsiones de agua (Adewusi et al., 2013). La fracción que presentan las gomas de carbohidratos juegan un papel muy importante en la estabilización, ya que esta fracción está asociada con el impedimento estérico entre las gotas de la emulsión, las cuales reducen y evitan la coalescencia de gotas por contacto (Gulrez, et al. 2011).

Los altos contenidos de proteína están relacionados con la capacidad emulsionante. La goma de mezquite al (20%) mostro el mayor contenido de proteína (6.65%) que es 2 veces mayor que las otras gomas. Este valor es mayor que el contenido de proteína registrado para Paolii 0.34% (Anderson & Weiping, 1990). Así mismo, la acacia polyacantha tuvo un contenido de 2.9% (S. Mhinzi & Mrosso.1995).

Algunos autores como Wang *et al.* (2011) menciona que las proteínas tienen una actividad superficial e interacciones electrostáticas que promueven la formación, engrosamiento y estabilización de la emulsión. Por lo que la proporción carbohidrato/proteína de la goma podría ser responsable de la estabilidad de las emulsiones.

La goma de huizache tuvo el contenido de ceniza mayor (4.37%) que la goma de Mezquite al 15% (2.16 %) a comparación con la referencia en donde estándares mínimos para la goma arábica de buena calidad han sido definidos en la Farmacopea de los Estados Unidos, Edición XVII (1965) de la siguiente forma: 4% de cenizas totales (máximo), 0.5 % de cenizas insolubles al ácido (máximo), 1% de residuo insoluble en agua (máximo).

Mientras que el contenido de humedad de la goma de Huizache fue mucho mayor (17.49 %) que las otras dos gomas. El contenido de grasas totales fue muy similar en todas las gomas analizadas.

Así mismo, se realizó la comparación de todos los parámetros del análisis proximal de las gomas de mezquite al 15% y 20% y huizache de las muestras recolectadas en Naica, Saucillo, Chihuahua con los resultados de Reséndiz, *et al.* (2016), como observan en la Tabla 7.

Parámetros	Mezquite tratamiento 15% Naica 2018	Mezquite tratamiento 20% Naica 2018	Mezquite Plantación Reséndiz, <i>et al.</i> 2016	Huizache Naica 2018	Huizache Plantación Reséndiz, <i>et al.</i> 2016	Goma Arábica Reséndiz, <i>et al.</i> 2016
Humedad %	10.09	10.49	10.25	17.49	12.65	10 a 20
Cenizas %	2.16	2.19	2.63	4.37	3.69	5
Proteína %	2.94	6.65	4.72	5.09	7.94	2.1 +- 0.2
Grasa total %	4.10	6.40	NR	4.53	NR	NR
Carbohidratos %	80.69	74.26	5.96	68.49	2.2	NR

**Tabla 7** Comparación de análisis proximal de la goma de mezquite con tratamiento aplicado al 15% y 20% y huizache en Naica Chihuahua (2018) versus resultados de Reséndiz, *et al.* (2016) en goma de mezquite, huizache y goma arábica

Fuente: Elaboración propia con datos del laboratorio de análisis de agua y alimentos de la UACH (Anexo 1) y de Reséndiz, *et al.* (2016). NR = No reportado

Los resultados que se obtuvieron en el análisis proximal de las muestras de goma de mezquite obtenidas en Naica Chihuahua en el año 2018 se observan en el cuadro 6 y se compararon con los del estudio realizado en Celaya, Guanajuato por Reséndiz *et al.* (2016) en goma de mezquite, huizache y goma arábica.

Al respecto las muestras de mezquite y huizache de Naica, Chihuahua dieron porcentajes de humedad muy similares a los obtenidos en Celaya, Guanajuato comparadas con la de la goma arábica que observa un rango que va de 10% al 20%, en dicho rango se encuentran todas las muestras en el entendido que en el límite inferior del 10% es el límite mínimo aceptable, en tanto el límite máximo de la goma arábica que es el máximo aceptable. Esto es muy importante en virtud de que la humedad puede ser un factor con una ilusión óptica en el peso cuando su humedad es mayor.

El contenido de cenizas de la goma arábica es del 5%. Las muestras de la goma de mezquite de Naica, Chihuahua y Celaya, Guanajuato en relación con este parámetro, se encuentran en un rango de 2.16% a 2.63% que están por debajo del porcentaje de cenizas de la goma arábica. En tanto que la goma de huizache de Naica, Chihuahua es la más cercano a la goma arábica.

El contenido de proteína más alto fue el de la goma de huizache de Celaya, Guanajuato con 7.94%. Siguiéndole en ese orden la goma de mezquite con el tratamiento del 20%. Comparando los contenidos de proteína, encontramos que el porcentaje de la goma arábica está por debajo de todos los porcentajes de las gomas de mezquite y huizache.

En el contenido de grasa total predomina el del mezquite con tratamiento al 20% y el huizache, obtenidas en Naica, Chihuahua. Los porcentajes de contenido de carbohidratos en mezquite y huizache de Naica, Chihuahua son mayores por encima de los obtenidos en las muestras de Celaya, Guanajuato sin poder compararse con la goma arábica la cual no se reportó en este informe.

Se puede concluir con los resultados de este análisis, que existen similitudes entre los porcentajes de los diferentes parámetros por lo tanto la goma de mezquite y la de huizache son productos sustitutos de la goma arábica.

Así mismo dando respuesta al objetivo 4, se establecieron las fuentes de compradores para su comercialización. Entre ellos se encuentran: BAFAR, Industrias Coca Cola, Dulces Montes, De la Rosa, Dulces Benny, Chocolates Ibarra, Cosméticos Natura, JAFRA, entre otros.

### Conclusiones

- Las gomas de mezquite y huizache son una alternativa para ofertarlas en el mercado nacional y frenar la importación de la goma arábica (López-Franco *et al.*, 2006).
- Las resinas de *Prosopis* spp. (mezquite) y *Acacia farnesiana* (huizache) pueden sustituir a la goma arábica que es usada como conservador natural de alimentos (Reséndiz *et al.*, 2016).
- Se observó que la hormona vegetal aparentemente no causó daño biológico en las hojas y en las vainas de acuerdo con la observación visual comparándolo con otros árboles sin tratamiento.
- Se comprobó mediante el análisis químico proximal que ambas gomas de mezquite y huizache tienen semejanza e incluso mejoran los parámetros requeridos por la Food and Drug Administration para el uso de la goma arábica en la industria alimenticia.
- Se definen dos periodos de producción y cosecha en meses de febrero a junio y de septiembre a diciembre.
- Se tiene una producción promedio estimado de alrededor de 180 gr por árbol por temporada de producción.
- Realizar un experimento bajo condiciones de población nativa seleccionando plantas de mezquite con perímetro de fustes similares.
- Seleccionar progenitores para reproducir los mejores productores de goma, a través de plantaciones respetando el hábitat.
- Mejorar la constitución fisiológica del árbol dándole espacios de cuatro metros entre planta y planta.
- Una vez localizados los posibles compradores contactarlos e iniciar un proceso de negociación.
- Aprovechar integral y económicamente los recursos naturales considerando como el eje central su preservación y mejora.
- Buscar financiamiento para la creación de un laboratorio propio que tenga la capacidad de purificar la goma.

### Referencias

- Acedo-Carrillo, J.I. & Rosas-Durazo, A & Herrera-Urbina, R & Rinaudo, Marguerite & Goycoolea, Francisco & Valdez, Miguel. (2006). Zeta potential and drop growth of oil in water emulsions stabilized with mesquite gum. *Carbohydrate Polymers*. 65. 327-336. 10.1016/j.carbpol.2006.01.016.
- Adebusi, E.A., Founche, G., and Steenkamp, V. 2013. Effect of four medicinal plants on amyloid-beta induced neurotoxicity in SH-SY5Y. *Cells. Afr. J Tradit Complement Altern. Med.* 10: 6-11.
- Anderson, D.M.W. & Weiping, Wang. (1990). The characterization of *Acacia paolii* gum and four commercial *Acacia* gums from Kenya. *Food Hydrocolloids*. 3. 475-484. 10.1016/S0268-005X (09)80225-7.
- Chávez, M. A. (2015). La vaina de mezquite (*Prosopis spp*) en la alimentación del ganado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila México.

### Recomendaciones

- Realizar el proceso de purificación de la goma para cubrir los estándares de calidad que demanda la industria y así competir con la goma arábica.

CONAZA (Comisión Nacional de las Zonas Áridas). 1994. Mezquite (*Prosopis spp.*). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Nacional de Ecología. 30 p

Conferencia de la Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo (2018). Comunicado de prensa: Goma arábiga: el aumento de la demanda crea nuevas oportunidades para los productores africanos. Ginebra, Suiza. <https://unctad.org/es/Paginas/PressRelease.aspx?OriginalVersionID=451>

Gulrez, Syed & Al-Assaf, Saphwan & Phillips, Glyn. (2011). Hydrogels: Methods of Preparation, Characterisation and Applications. 10.5772/24553.

Google maps. Disponible en: <https://www.google.com/maps>

Guía de productos químicos, 2015. Disponible en: [http://www.abellolinde.es/internet.lg.lg.esp/es/images/FDS-10021778-01-00-ES316\\_89369.pdf?v=2.0](http://www.abellolinde.es/internet.lg.lg.esp/es/images/FDS-10021778-01-00-ES316_89369.pdf?v=2.0)

Instituto Nacional de Ecología (2007) Artículo: Descripción de la Planta. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/72/localiza.html>

Investigación y Ciencia (2011). El etileno en la cocina. Disponible en: <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/24/posts/etileno-en-la-cocina-10362>

López-Franco, Y., & Goycoolea, F., & Valdez, M., & Calderón de la Barca, A. (2006). Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. *Interciencia*, 31 (3), 183-189.

López-Franco, Y. (2009). Uso del mezquite como fuente de polisacáridos de alto valor agregado. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. CONAFOR. Julio 2009.

Martínez Ruiz, A. (2011) El mezquite, árbol multipropósito. Artículo: Revista: El economista 2014. <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2011/04/26/mezquite-arbol-multiproposito>

Meraz Vázquez, Salvador *et.al.* (1998). El mezquite, árbol de gran utilidad. *Ciencias* 51, julio-septiembre, 20-21.

Musa, H. H., Ahmed, A. A., & Musa, T. H. (2017). *Chemistry, Biological, and Pharmacological Properties of Gum Arabic. Reference Series in Phytochemistry, 1-18*.doi:10.1007/978-3-319-54528-8\_11-1

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011. Situación de los bosques del mundo. Roma, Italia. 716 p.

Quiroz C., J.A. y M.A. Magaña A. 2015. Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales. *Madera y Bosques* 21(3):171-183.

Reséndiz N. *et al.* (2016) Goma de mezquite y huizache como alternativa de aprovechamiento en sistemas agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 16, mayo-junio, 2016, pp. 3251-3261 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Estado de México, México

Rodríguez Saucedo, Elvia Nereyda; Rojo Martínez, Gustavo Enrique; Ramírez Valverde, Benito; Martínez Ruiz, Rosa; Cong Hermida, Milagros de la Caridad; Medina Torres, Salvador Martín; Piña Ruiz, Hugo Humberto (2014). Análisis Técnico del Árbol del Mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai*, vol. 10, núm. 3, pp. 173-193. Universidad Autónoma Indígena de México El Fuerte, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46131111013>.

Román P., Horacio (2016). Bromatología de la Vaina de Mezquite (*Prosopis spp.*) Como Alternativa de Consumo Sustentable en la Comarca Lagunera, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila, México.

S. Mhinzi, G & Mrosso, Hillary. (1995). Studies on Tanzanian Acacia gums. Part 3. Some properties of gum exudates from the series Vulgares and Gummiferae. *Food Chemistry - FOOD CHEM.* 54. 261-264. 10.1016/0308-8146(95)00038-K.

Solís G., G. 1997. Evaluación poblacional actual del mezquite y palo fierro en ambientes áridos sujetos a un aprovechamiento continuo. CONACYT. 3888-N9401. Informe Final de Proyecto. Hermosillo, Sonora. 86 p.

Sosa Pérez, G. (2010). Tecnologías para el manejo integral de los bosques de mezquite en el norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, apoyado por el fondo sectorial CONAFOR-CONACYT.

[http://ford.ciesas.edu.mx/downloads/2do\\_2\\_01.pdf](http://ford.ciesas.edu.mx/downloads/2do_2_01.pdf)

Valenzuela, N. L. M., C. R. Trucios, S. J. C. Ríos, H. A. Flores, B. J. L. González. 2011. Caracterización dasométrica y delimitación de rodales de mezquite (*Prosopis* spp) en el estado de Coahuila. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17: 87-96.

Wang L, et al. (2011) Growth propagation of yeast in linear arrays of microfluidic chambers over many generations. *Biomicrofluidics* 5(4):44118-441189

# 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<sup>er</sup> Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1<sup>er</sup> Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2<sup>do</sup> Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1<sup>er</sup> Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

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

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

ID 3<sup>er</sup> Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3<sup>er</sup> 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 de Invención Técnica. 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**

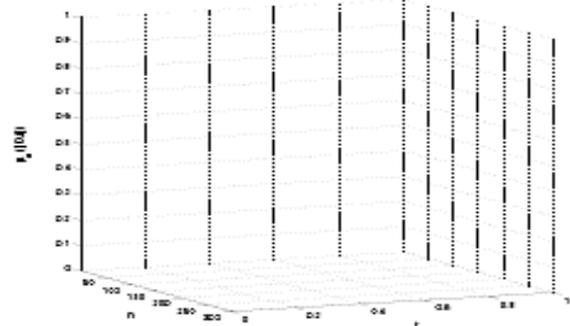
[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

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

**Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables**

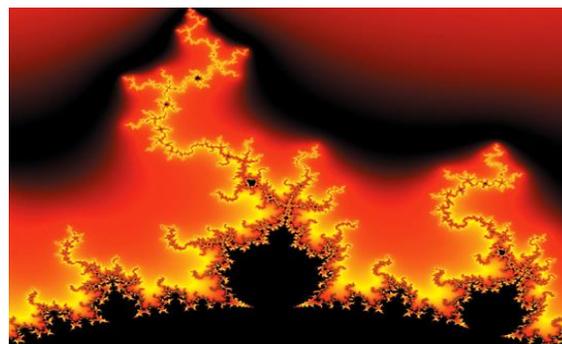
En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[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 Titulo 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.

## **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 de Invención Técnica 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 de Invención Técnica 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 testeado 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 Taiwan 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 Taiwan para su Revista de Invención Técnica, 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**

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org) [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**ECORFAN®**

**Editor en Jefe**

GUZMÁN - HURTADO, Juan Luis. 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® Taiwan), [sponsorships@ecorfan.org](mailto: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](mailto:financingprograms@ecorfan.org)

**Oficinas de Gestión**

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

# Revista de la Invención Técnica

“Diseño e integración de un sistema modular para producción de hortalizas, peces y aves de corral, autosustentable”

**CASTILLO-QUIROZ, Gregorio, ROJAS-BALBUENA, Dorian, LIMON-DIAZ, Miguel Ángel y CRUZ-GARRIDO, Arnulfo**

*Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango*

“Simulación y desarrollo de horno termo solar para el cocimiento de alimentos”

**LINARES-ENRÍQUEZ, Alejandro, GARDUÑO-DIAZ, Aldair Renato, NIETO-TRUJILLO, Héctor Aaron y GARCÍA-ÁVILA, Jorge Luis**

*Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco*

“Efecto de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa en la sensación térmica percibida en espacios exteriores en clima cálido seco”

**BOJÓRQUEZ-MORALES, Gonzalo, LUNA-LEÓN, Aníbal, ROMERO-MORENO Ramona y JIMÉNEZ-LÓPEZ, Verónica**

*Universidad Autónoma de Baja California*

“Aplicación de ethephon en una población de mezquite (*Prosopis* spp.) para la extracción de goma en Naica, Chihuahua, México”

**MAGAÑA-MAGAÑA, José Eduardo, SÁNCHEZ-BERNAL Jorge Alberto, GONZÁLEZ-ANCHONDO, María Elvira y BARAY-GUERRERO, María del Rosario**

*Universidad Autónoma de Chihuahua*

