

PROYECTA

REVISTA CIENTÍFICA

Nº 8 MAYO - AGOSTO **AÑO 3:** 2022 **ISSN:** 2683-331X

PROYECTA REVISTA CIENTÍFICA,
AÑO **3**, NÚMERO **8**, MAYO-AGOSTO 2022,
ES UNA PUBLICACIÓN CUATRIMESTRAL, EDITADA POR EL
GRUPO DE EDICIONES Y PUBLICACIONES
XALAPA S.A. DE C.V., CALLE EMILIANO ZAPATA,
15, COL. EL TANQUE, XALAPA, VERACRUZ, C.P.
91156, TEL. 2283238378, **HTTPS://GREPXA.**
MX/CATEGORY/REVISTA-CIENTIFICA/,
PROYECTA@GREPXA.MX, EDITOR RESPONSABLE:
ANA VICTORIA ORTEGA FERREL. RESERVA
DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO
NO. **04-2022-040413025200-203**, ISSN: **2683-**
331X, AMBOS OTORGADOS POR EL INSTITUTO
NACIONAL DE DERECHOS DE AUTOR. RESPONSABLE
DE LA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE ESTE NÚMERO,
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y FORMACIÓN, MTRA.
ANA VICTORIA ORTEGA FERREL, CALLE EMILIANO
ZAPATA, 15, COL. EL TANQUE, XALAPA, VERACRUZ,
C.P. 91156, FECHA DE ÚLTIMA MODIFICACIÓN, 10 DE
SEPTIEMBRE DE 2022.

PROYECTA
REVISTA CIENTÍFICA

PROYECTA
REVISTA CIENTÍFICA

NÚMERO 8: MAYO - AGOSTO
AÑO 3: 2022

DIRECTORA

ANA VICTORIA ORTEGA FERREL

COMITÉ CIENTÍFICO

HERIBERTO BENITO ESTEBAN
ERIKA DOLORES RUIZ
EVA CATALINA FLORES CASTRO
SUSANA ASTRID LÓPEZ GARCÍA
MAYTE PULIDO CRUZ
ROMAN CASTRO MIRANDA

COMITÉ EDITORIAL

HUGO SALVADOR ORTEGA FERREL
MARÍA WENDOLINE CRUZADO CUEVAS
DANIELA PERTIERRA GASCA
KARLA ALMENDRA CRUZADO CUEVAS
IVÁN MONTES NOGUEIRA

COORDINADOR EDITORIAL

DANIELA PERTIERRA GASCA

EDITORIA

ANA VICTORIA ORTEGA FERREL

REVISOR DE ESTILO

IVÁN MONTES NOGUEIRA

DISEÑO Y FORMACIÓN

ANA VICTORIA ORTEGA FERREL

GRUPO DE EDICIONES Y PUBLICACIONES
XALAPA, S.A DE C.V.
CALLE EMILIANO ZAPATA #15, COL. EL
TANQUE, C.P. 91156, XALAPA, VERACRUZ
TELÉFONO: 228 323 83 78

PROYECTA@GREPXA.MX

WWW.GREPXA.MX/PROYECTA

PROYECTA
REVISTA CIENTÍFICA

PROYECTA
REVISTA CIENTÍFICA

GRUPO DE EDICIONES Y PUBLICACIONES XALAPA S.A.DE C.V.

CON RESERVA DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO NO. **04-2022-040413025200-203**, ISSN: **2683-331X**, AMBOS OTORGADOS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE DERECHOS DE AUTOR, HACE CONSTAR QUE LOS ARTÍCULOS PUBLICADOS EN ESTE VOLUMEN CUMPLEN CON TODOS LOS REQUISITOS DE CALIDAD CIENTÍFICA Y NORMALIZACIÓN QUE EXIGE NUESTRA POLÍTICA EDITORIAL Y FUERON ARBITRADO BAJO UN PROCESO DE ARBITRAJE QUE CONSTÓ DE DOS ETAPAS.

LA PRIMERA REVISIÓN FUE REALIZADA POR PARTE DE LA SECRETARÍA TÉCNICA DE **PROYECTA REVISTA CIENTÍFICA**, QUIEN VERIFICÓ QUE LA PROPUESTA CUMPLIERA CON LOS REQUISITOS BÁSICOS ESTABLECIDOS: ENFOQUE TEMÁTICO, EXTENSIÓN, APEGO A LAS NORMAS DE CITACIÓN, ESTRUCTURA, FORMATO, ENTRE OTROS. POSTERIORMENTE EL TRABAJO PASÓ A UNA PRIMERA LECTURA A CARGO DEL EDITOR EN JEFE QUE FORMA PARTE DEL COMITÉ EDITORIAL, QUIEN DETERMINÓ LA PERTINENCIA DE LA PROPUESTA Y DECIDIÓ QUE CUMPLÍA CON LOS REQUISITOS DE CALIDAD ACADÉMICA.

EN LA SEGUNDA ETAPA EL TRABAJO SE SOMETIÓ AL PROCESO DE EVALUACIÓN DE PARES ACADÉMICOS A TRAVÉS DEL PROCEDIMIENTO DOBLE CIEGO, A CARGO DE ÁRBITROS ANÓNIMOS ESPECIALISTAS EN EL TEMA PERTENECIENTES A INSTITUCIONES EDUCATIVAS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL, LO QUE BUSCA GARANTIZAR LA CALIDAD DE LAS REVISIONES.

TODOS LOS SOPORTES CONCERNIENTES A LOS PROCESOS EDITORIALES Y DE EVALUACIÓN REPOSAN EN **GRUPO DE EDICIONES Y PUBLICACIONES XALAPA S.A.DE C.V.**, LAS CUALES PONEMOS A DISPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD ACADÉMICA INTERNA Y EXTERNA EN EL MOMENTO QUE SE REQUIERA.

PROYECTA
REVISTA CIENTÍFICA

PROYECTA

REVISTA CIENTÍFICA

Nº 8 MAYO-AGOSTO AÑO 3: 2022 ISSN: 2683-331X

SUMARIO:

MANEJO DEL RIESGO EN LAS EMPRESAS TRANSPORTISTAS DE LA CIUDAD DE DURANGO, DGO., ESTUDIO DE CASO **1**

Israel Ivan Gutiérrez Muñoz
Universidad Tecnológica de Durango
israel.gutierrez@utd.edu.mx
Diana Azucena Villaseñor Mata
Universidad Tecnológica de Durango
diana.villasenor@utd.edu.mx
Sigfrido Soriano Lerma
Universidad Tecnológica de Durango
sigifredo.soriano@utd.edu.mx

INTERVENCIÓN ORGANIZACIONAL EN EL CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA EL TRABAJO INDUSTRIAL, EN EL MUNICIPIO DE VICTORIA DE DURANGO, DGO. **15**

Israel Ivan Gutiérrez Muñoz
Universidad Tecnológica de Durango
israel.gutierrez@utd.edu.mx
Sigfrido Soriano Lerma
Universidad Tecnológica de Durango
sigifredo.soriano@utd.edu.mx
Diana Azucena Villaseñor Mata
Universidad Tecnológica de Durango
diana.villasenor@utd.edu.mx

LAS CÉLULAS GLIALES Y SU PAPEL EN LAS ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS MOTORAS Y COGNITIVAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA **26**

Benjamín Molina Salomón
Universidad Veracruzana
zs16021678@estudiantes.uv.mx
Norma Berzabel Zilli Ponce
Universidad Veracruzana
nzilli@uv.mx
Yaqueline Antonia Gheno Heredia
Universidad Veracruzana
ygheno@uv.mx
Karina Patricia Bañuelos Hernández
Universidad Veracruzana
kbanuelos@uv.mx
César Antonio Pérez Estudillo
Universidad Veracruzana
cesperez@uv.mx
María del Carmen Arenas Del Ángel
Universidad Veracruzana
mararenas@uv.mx

MANEJO FITOTÉCNICO DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SU RESPUESTA PRODUCTIVA EN EL EJIDO CUAUTLAPAN DEL INGENIO EL CARMEN S.A DE C.V. **53**

Emmanuel Berlín Aparicio
Universidad Veracruzana
berlinemmanuel@gmail.com
Jorge Arturo Del Ángel Ramos
Universidad Veracruzana
jdelangel@uv.mx
Juan José Marín Hernández
Universidad Veracruzana
jmarin@uv.mx
Alma Berenice Morales Guzman
Universidad Veracruzana
almamorales@uv.mx
Adolfo Castillo Moran
Universidad Veracruzana
adcastillo@uv.mx
Daniel Arturo Rodríguez Lagunes
Universidad Veracruzana
darodriguez@uv.mx

EVALUACIÓN DE DOS PAQUETES COMERCIALES PARA LA ESTIMULACIÓN HORMONAL EN EL CULTIVO DE PIÑA (ANANAS COMOSUS) VARIEDAD MD2 69

Sergio Andrés Pérez Ochoa
Universidad Veracruzana
zs16004262@estudiantes.uv.mx

Abimael Efraín Osorio Solís
Universidad Veracruzana
zs16023226@estudiantes.uv.mx

Alma Berenice Morales Guzman
Universidad Veracruzana
almamorales@uv.mx

Roberto Gámez Pastrana
Universidad Veracruzana
mgamez@uv.mx

Yaqueline Antonia Gheno Heredia
Universidad Veracruzana
ygheno@uv.mx

Norma Berzabel Zilli Ponce
Universidad Veracruzana
nzilli@uv.mx

EFECTO DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL EN LA DIVERSIDAD DE EPÍFITAS VASCULARES EN UN FRAGMENTO DE BOSQUE DE PINO-ENCINO DEL MUNICIPIO DE TEQUILA, VERACRUZ, MÉXICO 82

Israel Pérez Gínez
Universidad Veracruzana
zs15004314@estudiantes.uv.mx

Norma Berzabel Zilli Ponce
Universidad Veracruzana
nzilli@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández
Universidad Veracruzana
kbanuelos@uv.mx

María del Carmen Arenas Del Ángel
Universidad Veracruzana
mararenas@uv.mx

Roberto Gámez Pastrana
Universidad Veracruzana
mgamez@uv.mx

Guillermo Vázquez Domínguez
Universidad Veracruzana
guvazquez@uv.mx

Yaqueline Antonia Gheno Heredia
Universidad Veracruzana
ygheno@uv.mx

RESISTENCIA FISIOLÓGICA A SALINIDAD POR NACL EN TRES VARIEDADES DE FRIJOL 104

Arlet Crescencio Andrade
Universidad Veracruzana
arletcrescencio@outlook.com

Jorge Luis Arenas Del Ángel
Universidad Veracruzana/Facultad de Ingeniería mecánica y eléctrica.
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa
jorarenas@uv.mx
jorge.arenas@itsx.edu.mx

Alma Berenice Morales Guzman
Universidad Veracruzana
almamorales@uv.mx

Adolfo Castillo Moran
Universidad Veracruzana
adcastillo@uv.mx

Daniel Arturo Rodríguez Lagunes
Universidad Veracruzana
darodriguez@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández
Universidad Veracruzana
kbanuelos@uv.mx

EFECTOS DE LA VARIACIÓN DEL FLUJO MASICO DE AGUA A CALENTAR SOBRE LA RAZÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS POR MEDIO DEL SOFTWARE EES **120**

Jorge Luis Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana/Facultad de Ingeniería mecánica y eléctrica.
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa
jorarenas@uv.mx
jorge.arenas@itsx.edu.mx

Jorge Arturo Del Ángel Ramos

Universidad Veracruzana
jdelangel@uv.mx

María del Carmen Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana
mararenas@uv.mx

Juan José Marín Hernández

Universidad Veracruzana
jmarin@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández

Universidad Veracruzana
kbanuelos@uv.mx

José Gustavo Leyva Retureta

Universidad Veracruzana
guleyva@uv.mx

TECNOLOGÍA PARA EL APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD DE BAJA ESCALA EN VERACRUZ **136**

Juan José Marín Hernández

Universidad Veracruzana
jmarin@uv.mx

Jorge Arturo Del Ángel Ramos

Universidad Veracruzana
jdelangel@uv.mx

Jorge Luis Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana/Facultad de Ingeniería mecánica y eléctrica.
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa
jorarenas@uv.mx
jorge.arenas@itsx.edu.mx

María del Carmen Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana
mararenas@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández

Universidad Veracruzana
kbanuelos@uv.mx

USO DEL AGUA EN EMPRESAS DEL MUNICIPIO DE LA ANTIGUA, VERACRUZ **152**

Loida Melgarejo Galindo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
loida.mg@ugalvan.tecnm.mx

Rosalía Janeth Castro Lara

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx

Liliana López Chiquito

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
l18883497@ugalvan.tecnm.mx

EL IMPACTO DE LA EDUCACIÓN EN LINEA EN EL NIVEL SUPERIOR **162**

Rosalía Janeth Castro Lara

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx

Doreidy Melgarejo Galindo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx

Ángeles de Jesús Salas Lara

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
angeles.sl@ugalvan.tecnm.mx

 **PRODUCTIVIDAD DEL PERSONAL EN LAS EMPRESAS DE CIUDAD CARDEL, VERACRUZ** **171**

Doreidy Melgarejo Galindo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx

Loida Melgarejo Galindo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
loida.mg@ugalvan.tecnm.mx

Ernesto Hernández García

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
18883506@ugalvan.tecnm.mx

 **CONTROL Y ANALISIS DEL PROCESO DE CORTE POR CHORRO DE AGUA** **180**

Eli Gamaliel Cruz Almazán

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
2016150480169@tesjo.edu.mx

Israel Becerril Rosales

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
israel.becerril@tesjo.edu.mx

 **ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE EL ANÁLISIS ABC PARA MINIMIZAR EL TIEMPO DE SURTIDO EN UN ALMACÉN DE GIRO FARMACEÚTICO** **198**

José Azael Molina Gil

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
azael260494@gmail.com

Israel Becerril Rosales

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
israel.becerril@tesjo.edu.mx

 **IMPLEMENTACIÓN DEL SMED PARA REDUCIR EL TIEMPO DE SET UP EN EL CAMBIO DE MOLDE EN MÁQUINA DE INYECCIÓN** **210**

Cristian Escobar Romualdo

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
cristianescobar1993jun@outlook.com

Israel Becerril Rosales

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
israel.becerril@tesjo.edu.mx

MANEJO DEL RIESGO EN LAS EMPRESAS TRANSPORTISTAS DE LA CIUDAD DE DURANGO, DGO., ESTUDIO DE CASO

Israel Ivan Gutiérrez Muñoz
Universidad Tecnológica de Durango
israel.gutierrez@utd.edu.mx

Diana Azucena Villaseñor Mata
Universidad Tecnológica de Durango
diana.villasenor@utd.edu.mx

Sigfrido Soriano Lerma
Universidad Tecnológica de Durango
sigifredo.soriano@utd.edu.mx

Fecha de recepción: 11/07/2022

Fecha de aprobación: 20/08/2022

1

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo bajo un enfoque cualitativo con un nivel descriptivo y bajo un diseño de investigación de campo, ya que se realizó en relación a los programas de manejo del riesgo y se indagaron aspectos concretos de la realidad del sector transportes utilizando un estudio de caso, considerando una unidad de negocio del municipio de Durango, Dgo. El propósito de esta investigación está ligado al cumplimiento de los lineamientos establecidos por el programa de la Asociación Comercial Aduanera Contra el terrorismo (C-TPAT), el cual, está orientado a la identificación de riesgo en la cadena de suministro, con alcance local y regional. Dicho proceso se realizó en una unidad de negocio con pretensiones a la internacionalización, cuyos agentes involucrados en la cadena de suministro (proveedores, productores, acopiadores, comercializadores, distribuidores y agentes externos), deben demostrar que realizan acciones contundentes para reducir los riesgos internos y externos a los cuales están expuestos en sus procesos o servicios, los resultados serán replicados en las demás unidades económicas relacionadas con el sector de autotransporte.

Palabras claves. cadena de suministro, metodología, normas, riesgo.

Abstract

The present investigation was carried out under a qualitative approach with a descriptive level and under a field research design, since it was carried out in relation to risk management programs and specific aspects of the reality of the transport sector were investigated using a case study, considering a business unit in the municipality of Durango, Dgo. The purpose of this investigation is linked to compliance with the guidelines established by the program of the Customs Trade Association Against Terrorism (C-TPAT), which is aimed at identifying risk in the supply chain, with local scope and regional. This process was carried out in a business unit with pretensions to internationalization, whose agents involved in the supply chain (suppliers, producers, collectors, marketers, distributors and external agents), must demonstrate that they carry out forceful actions to reduce internal risks and to which they are exposed in their processes or services, the results will be replicated in the other economic units related to the motor transport sector.

Keywords. supply chain, methodology, standards, risk.

INTRODUCCIÓN

La competitividad en los mercados de consumo ha evolucionado de tal manera que se deben fortalecer las áreas operativas y funcionales dentro y fuera de la misma. Aquellas empresas que logren certificar sus procesos, productos y áreas funcionales, estarán por encima de su competencia, logrando posicionar sus productos o servicios en mercados nacionales e internacionales. Dentro de los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS), en la agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015), en su objetivo 9 acerca de la industria, innovación e infraestructura, se enuncia la construcción de infraestructura resilientes, promover la industrialización sostenible y fomento de la innovación, en el objetivo particular 9.1 declara el desarrollo de infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos, (ONU, 2015). Así como el Tratado de Libre Comercio T-MEC (2020), declara en su capítulo 7 sobre la facilitación aduanera y del comercio declara en su artículo 7.12 la gestión de riesgos y la aplicación de Operador Económico Autorizado (OEA). Para ello deben generar estrategias que aseguren la supervivencia del producto o servicio, por ende, surge la necesidad de realizar un análisis de riesgo que permita entender la cadena de suministro y ubicar las vulnerabilidades dentro de la empresa y en consecuencia identificar, detectar y prevenir cualquier fallo dentro del sistema de la empresa, así como promover la mejora continua asegurando la cadena de suministro.

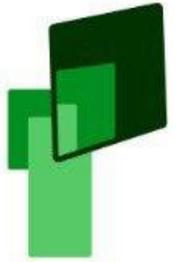
Según la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (CANACAR, 2020), el autotransporte aporta el 3.4% del PIB (2019), movilizándolo a 552 millones de toneladas de mercancía, lo que equivale a 81.5% de carga terrestre, las incidencias más comunes de la actividad son el robo, asaltos, bloqueos y los principales regiones donde se suscitan son; Puebla, Estado de México, Veracruz, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas, Ciudad de México, San Luis Potosí, (región oeste y centro del país). Según los informes del Sistema Nacional de Seguridad Pública, (2021), con respecto a la incidencia delictiva del fuero común, en su rubro de robo en carreteras a camiones de carga, con violencia y sin violencia, se registró en el año 2017 un total de 12,031, en el 2018 un total de 13,068 eventos; en 2019, 11,662,



en el año 2020 hubo un total de 9,527, en el año 2021 existieron 8,762 y en el año 2022 se tienen reportados 3,538, incidentes, debido a ello el Consejo Mexicano del Transporte, la Logística y Movilidad (CMET), la Cámara Nacional del Autotransporte de Pasaje y Turismo (CANAPAT), la Asociación Mexicana de Franquicias (AMF) y el Consejo Nacional de Seguridad Privada (CNSP), coinciden en hacer un frente común ante los hurtos y agresiones recibidas al sector, ya que ello demerita la competitividad del país y por ende aminora el índice de competitividad internacional, el cual dentro de sus rubros analiza el Estado de derecho de una región y el sector transporte.

CONTEXTO TEÓRICO

El siglo XXI se ha caracterizado por presentar incertidumbres económicos, sociales y tecnológicos en los mercados de consumo, los Tratados Internacionales, el comercio electrónico, la automatización de los procesos, el uso de las TICs y la Revolución 4.0, ha forzado a las cadenas de suministro a elevar sus controles en el manejo de sus procesos logísticos, ante los riesgos inminentes que a lo largo de dicha cadena se presentan, retomando algunas definiciones generales sobre Cadena de Suministro se define como el conjunto de tres o más entidades (organizaciones o individuos) directamente involucradas en los flujos descendentes y ascendentes de productos, servicios, finanzas e información, desde la fuente primaria de producción hasta el cliente final, (Mentzer, 2001). Por su parte Handfield, R. y Nichols, E. (1999), la definen como la agrupación de actividades asociadas con el flujo y la transformación de bienes desde la extracción de la materia prima hasta el consumidor final, así como los flujos de información asociados al proceso; el flujo de materiales y de información integral a lo largo de la cadena. Por su lado Aitken, J. (1998), la define como la red de organizaciones conectadas interdependientes trabajando juntas en forma cooperativa para controlar, manejar y mejorar el flujo de materiales e información desde los proveedores hasta los usuarios finales. Por su parte Ballou (2004), define a la logística como la encargada de la administración del flujo de materiales e información a lo largo del proceso de creación de valor: aprovisionamiento, producción y distribución. De esta manera, gestiona un grupo de actividades que tienen lugar en la organización con la finalidad de brindar valor al cliente mediante la transformación de los factores productivos.



Considerando las anteriores definiciones, observamos una serie de eslabones o procesos que interactúan de manera dinámica y que, por las condiciones de los mercados globales, deben de protegerse y establecer controles de seguridad, permitiendo el abastecimiento constante de sus productos y servicios. Con base a la norma ISO 9000:2015 (fundamentos y vocabulario) y la norma ISO 9001:2015, (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2018), define al riesgo como “efecto de la incertidumbre en un resultado y se expresa en términos de una combinación de las consecuencias de un evento y la probabilidad de ocurrencia asociada” por su parte el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER, 2020), en su norma EC0391, la define como “la correlación de la peligrosidad de un agente o condición física y la exposición de los trabajadores con la posibilidad de causar efectos adversos para su salud o vida, o dañar al centro de trabajo”.

En palabras simples, el riesgo es aquella posibilidad de que algún evento inesperado afecte a cualquier organización, resultando en el impedimento de realizar cualquier actividad de acuerdo a lo planeado. Las empresas tienen opciones de implementar programas del manejo del riesgo, como son: Cadena Segura del Comercio Exterior Mexicano mejor conocido por sus siglas CASCEM, el cual es un programa que funge como pre-validador para facilitar alguna certificación oficial, ayuda a las empresas que son mexicanas a mejorar su índice de confiabilidad ante las autoridades, facilitando las exportaciones y agilizando las importaciones, contribuyendo a la competitividad internacional (COMCE, 2021).

La Asociación para la Protección de Activos Transportados (TAPA, 2020), es una asociación de profesionales de la seguridad y de colaboradores de negocios relacionados con compañías de alta tecnología y de alto valor que se han organizado para hacer frente a las amenazas de seguridad emergentes que son comunes en la cadena de suministro, su objetivo fundamental es lograr cambios positivos en las prácticas de seguridad de transporte de mercancías y de las comunidades de seguros en su conjunto.

Operador Económico Autorizado (antes conocido como NEEC, Nuevo Esquema de Empresas Certificadas), es un programa que busca fortalecer la seguridad de la cadena logística del comercio exterior a través de la implementación de estándares mínimos en materia de seguridad. (Reino aduanero, 2022).

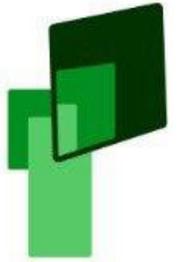


Business Alliance For Secure Commerce (BASC), es una alianza empresarial internacional que promueve un comercio seguro en cooperación con gobiernos y organismos internacionales, está constituida como una organización sin ánimo de lucro, con la denominación "World BASC Organization", bajo las leyes del estado de Delaware, Estados Unidos de América, (World BASC organization, 2017). ISO 31000: 2018, es una norma internacional para la gestión del riesgo, ayuda a las organizaciones con su análisis y evaluaciones, así como mejorar la eficiencia, confianza y minimizar pérdidas, (ISO, 2022). Al igual que los anteriores programas el Customs-Trade Partnership Against Terrorism (C-TPAT), es una iniciativa anti-terrorismo, el cual funge como una iniciativa conjunta entre el gobierno de los Estados Unidos de América y el sector privado, cuyo objetivo es construir relaciones de cooperación que fortalezcan la seguridad de toda la cadena de suministro y la seguridad en las fronteras, debido a su importancia relativa en el sector y las necesidades propias de la unidad de negocio, se eligió este programa como base para realizar el diagnóstico y evaluación del riesgo en la organización.

MÉTODOS

Se presenta bajo un enfoque cualitativo con un nivel descriptivo y bajo un diseño de investigación de campo, ya que se realizó una investigación en relación a los programas de manejo del riesgo y se indagaron aspectos concretos de la realidad del sector transportes, se utilizó el estudio de caso para la implementación del programa de manejo del riesgo. Cabe aclarar que por motivos de seguridad no se menciona el nombre de la unidad de negocio la cual llamaremos "organización", se encuentra en la ciudad de Durango, Dgo., y se dedica al sector de autotransporte de carga terrestre. El objetivo general es, implementar el programa sobre el manejo del riesgo en la cadena de suministro y transporte, mediante el programa C-TPAT.

Para la realización del diagnóstico se utilizó la guía del programa C-TPAT, el cual tiene como criterios fundamentales el uso apropiado de los precintos de contenedores e inspección de precintos, asegurar que se cargue la carga manifestada correctamente, la protección contra el riesgo de pérdida, robo y contrabando, así como contrarrestar la amenaza del terrorismo mediante la introducción de elementos peligrosos en las cargas (personas- materiales).



RESULTADOS

A continuación, se presenta el diagnóstico y análisis inicial (tabla 1) de cada criterio de seguridad conforme al programa C-TPAT, el cual cuenta con 3 enfoques (tabla 2): seguridad empresarial, seguridad de transporte y seguridad física y personal. Como se manifiesta en los resultados del diagnóstico, la organización presenta áreas de mejora en todos los criterios del programa, con lo cual se generan estrategias a corto plazo y mediano plazo.

Tabla 1: Diagnóstico con base en el programa C-TPAT

No.	Bloque	Puntos Máximos	Puntos	Calificación %
1	La visión de la seguridad y la responsabilidad	10	7	70
2	Evaluación del riesgo	10	5	50
3	Socios comerciales	10	4	40
4	Ciberseguridad	10	3	30
5	Seguridad de los medios de transporte y los Instrumentos de Tráfico Internacional:	10	7	70
6	La seguridad del sellado	10	8	80
7	Seguridad de los procedimientos	10	7	70
8	Seguridad agrícola	10	7	70
9	Seguridad física	10	7	70
10	Controles del acceso físico	10	8	80
11	La seguridad del personal	10	7	70
12	Educación, la formación y la concientización	10	6	60
	Total:	120	76	63.33

Tabla 2: Criterios de seguridad

Seguridad empresarial	Seguridad de transporte	Seguridad física y personal
Seguridad en la visión y responsabilidad. Análisis de riesgos. Requisitos de socios comerciales. Ciberseguridad.	Medios de transporte e instrumentos de tráfico internacional. Sellos de seguridad. Seguridad procesal Seguridad agrícola	Seguridad física. Controles de acceso físico. Seguridad del personal. Educación, formación y sensibilización

A continuación, se describen cada una de las estrategias generadas en el diagnóstico y análisis de cada criterio de seguridad conforme al programa C-TPAT.

La visión de la seguridad y la responsabilidad: Para que un programa de seguridad de la cadena de suministro de un miembro de C-TPAT entre y permanezca en vigencia, debe contar con el respaldo de la alta dirección de una empresa. Inculcar la seguridad como una parte integral de la cultura de la empresa (tabla 3) y asegurarse de que sea una prioridad a nivel de toda la empresa es en gran parte la responsabilidad de los líderes de la empresa.

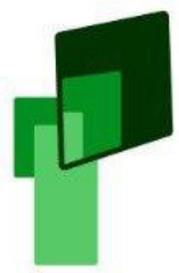
Tabla 3: La visión de la seguridad y la responsabilidad

Criterio	Estrategia
La visión de la seguridad y la responsabilidad:	Establecer la política de seguridad patrimonial de la empresa que busca mantener los sistemas que prevengan riesgos en la cadena de suministro, estableciendo una filosofía de mejora continua en los procesos. Establecer un comité de seguridad que esté integrado por miembros de todos los departamentos de la empresa: Recursos Humanos, Operación, Mantenimiento, Vigilancia, Seguridad, Finanzas liderado por el gerente de la empresa.

La evaluación del riesgo: La amenaza continúa de grupos terroristas y organización delictiva dirigida a las cadenas de suministro enfatiza la necesidad de que los miembros evalúen la exposición real y potencial a estas amenazas en desarrollo (tabla 4). C-TPAT reconoce que cuando una empresa tiene múltiples cadenas de suministros con diferentes socios empresariales, enfrenta una mayor complejidad para asegurar las mismas. Cuando una empresa cuenta con varias cadenas de suministros, se debería enfocar en áreas geográficas o en aquellas que tengan un mayor riesgo.

Tabla 4: Evaluación del riesgo

Criterio.	Estrategia.
La evaluación del riesgo.	El comité de seguridad tiene como consigna la autoevaluación de las prácticas, los procedimientos y las políticas de seguridad de la cadena de suministro dentro de las instalaciones para asegurar el cumplimiento de los criterios mínimos. Establecer el procedimiento para el Análisis de Riesgo, monitoreo de las rutas, el protocolo de reacción en caso de incidente, y un instructivo para la localización y definición de paradas autorizadas en la ruta.



7



Socios comerciales: Los miembros de C-TPAT se relacionan con una variedad de socios comerciales a nivel local e internacional. Para aquellos socios comerciales que manejan directamente la documentación de la carga o de las importaciones y las exportaciones, es fundamental que el miembro garantice que estos socios comerciales tienen implementadas medidas de seguridad apropiadas para proteger las mercancías a lo largo de la cadena de suministro internacional (tabla 5). Cuando los socios comerciales subcontratan ciertas funciones, se agrega una capa adicional de complejidad a la ecuación, la cual se debe tomar en consideración a la hora de realizar un análisis del riesgo de una cadena de suministro.

Tabla 5: Socios comerciales

Criterio	Estrategia
Socios comerciales.	Generar el procedimiento "Selección y Seguimiento de Socios Comerciales" en donde se establecen los requisitos mínimos de información que se le pide a los socios: Verificación de domicilio validado ante el SAT de México Referencias comerciales. Opinión positiva del cumplimiento de obligaciones fiscales. Visita física a sus instalaciones, (algunos casos). El procedimiento incluye una declaración que los recursos con los que operan son obtenidos de manera lícita para efecto de prevenir y combatir el lavado de dinero y el financiamiento al terrorismo.

La ciberseguridad: En el mundo digital la ciberseguridad es la clave para salvaguardar los activos más preciados de la empresa: la propiedad intelectual, la información de los clientes, los datos comerciales y financieros, y los registros de los empleados, entre otros (tabla 6). Con una mayor conectividad al internet existe el riesgo de una violación de los sistemas de información de la empresa. Esta amenaza atañe a empresas de todo tipo y tamaño. Las medidas para proteger la tecnología de la información (TI) y los datos de la empresa son de vital importancia, y los criterios indicados proporcionan una base para un programa general de ciberseguridad para los miembros.

Tabla 6: Ciberseguridad

Criterio	Estrategia
Ciberseguridad.	Diseñar un procedimiento para manejo de la información en medios digitales, así como nombrar el responsable de manejo y mantenimiento de los sistemas informáticos.



La seguridad de los medios de transporte y los Instrumentos de Tráfico Internacional: Los esquemas del tráfico ilegal a menudo suponen la modificación de los medios de transporte y los Instrumentos de Tráfico Internacional (IIT) o el ocultamiento de tráfico ilegal dentro de los IIT (tabla 7). Esta categoría de criterios cubre las medidas de seguridad diseñadas para prevenir, detectar o impedir la alteración de las estructuras de los IIT o la entrada subrepticia en ellos, lo que podría permitir la introducción de material o personas no autorizadas.

Tabla 7: Medios de transporte

Criterio	Estrategia
Seguridad de los medios de transporte y los Instrumentos de Tráfico Internacional:	Establecer un procedimiento de control sistemático de entrada y salida de vehículos en donde se especifica que además de la revisión de seguridad de los 17 puntos, revisión de documentación y sellos, se revise la contaminación visible por plagas.

La seguridad del sellado: El sellado de los remolques y contenedores, que incluye la integridad continua del sellado, sigue siendo un elemento crucial de una cadena de suministro segura (tabla 8). La seguridad del sello implica contar con una política integral escrita del sellado que aborde todos los aspectos de la seguridad del sellado, como la utilización de los sellos correctos de acuerdo con los requisitos de C-TPAT, la colocación correcta un sello en IIT y la verificación de que el sello se ha colocado correctamente.

Tabla 8: Seguridad del sellado

Criterio	Estrategia
La seguridad del sellado.	Implementar sellos de alta seguridad para incluir en todos los embarques, para su uso en caso de ruptura de sello en tránsito por alguna autoridad. Generar el procedimiento de "Control de sellos" y el procedimiento "despacho de unidades" donde se describa cómo se emiten y controlan los sellos en las instalaciones y durante el tránsito. Protocolo de comunicación e investigación de incidentes. Incluye a su vez el proceso para su auditoria una vez al año.

La seguridad de los procedimientos: La seguridad de los procedimientos abarca muchos aspectos del proceso de importación- exportación, la documentación y los requisitos de la manipulación y el almacenamiento de la carga (tabla 9). Otros criterios de procedimiento de vital importancia se refieren a la notificación de incidentes y la notificación a las fuerzas del orden pertinentes. Además, C-TPAT a menudo requiere que los procedimientos se documenten porque ayuda a mantener un proceso uniforme a lo largo del tiempo. No obstante, la cantidad de detalles necesarios para estos procedimientos escritos dependerá de varios elementos, como el modelo comercial de una empresa o el asunto que cubre el procedimiento.

Tabla 9: Seguridad de los procedimientos

Criterio	Estrategia
Seguridad de los procedimientos.	Aplicar una hoja de verificación "INSPECCIÓN FÍSICA INTERNA" que se lleva a cargo diariamente por los guardias de seguridad. En donde se revisa todas las áreas de la empresa: caseta de vigilancia, taller de mantenimiento, estacionamiento, área de resguardo, bodega, oficinas. Se validan muros, cámaras, lámparas y focos, plagas, personas no autorizadas, etc.

La seguridad agrícola: La agricultura es el sector industrial y laboral más grande de los E.E. U.U. asimismo, es una industria amenazada por la introducción de contaminantes animales y vegetales extranjeros, como la tierra, el estiércol, las semillas y el material vegetal y animal que puede albergar plagas y enfermedades invasoras y destructivas (tabla 10). La eliminación de contaminantes en todos los medios de transporte y todo tipo de carga puede disminuir las cargas en espera de la CBP, los retrasos y las devoluciones o los tratamientos de las mercancías. Garantizar el cumplimiento de los requisitos agrícolas de C-TPAT también ayudará a proteger una industria clave en los Estados Unidos y el suministro de alimentos a nivel mundial en general.

Tabla 10: Seguridad agrícola

Criterio	Estrategia
Seguridad agrícola.	Generar el procedimiento de "Control de Plagas" para prevenir, asegurar, detectar y eliminar cualquier tipo de plagas que se pudiera encontrar en oficinas, área de resguardo, patio de servicio y mantenimiento; así como de la periferia de las instalaciones.

La seguridad física: Las instalaciones para el almacenamiento y la manipulación de la carga, las áreas de almacenamiento de los instrumentos de tráfico internacional y las instalaciones (tabla 11) donde se prepara la documentación de las importaciones o las exportaciones en emplazamientos locales y en el exterior deben contar con barreras físicas y elementos de disuasión que protejan del acceso no autorizado.

Tabla 11: Seguridad física

Criterio	Estrategia
Seguridad física.	Las instalaciones cuentan en todo el perímetro con barda perimetral con block con altura de 4mts, el portón de acceso para los vehículos es de acero y se mantiene siempre cerrado, vigilado por el guardia de seguridad 24/7 y monitoreada por CCTV. Solo tienen acceso las unidades de transporte de la empresa (15) y del personal administrativo (6).



Los controles del acceso físico: Los controles de acceso impiden el acceso no autorizado a las instalaciones y áreas, ayudan a mantener el control de los empleados y visitantes, y protegen los activos de la empresa (Tabla 12). Los controles de acceso incluyen la identificación positiva de todos los empleados, visitantes, proveedores de servicios y proveedores en todos los puntos de entrada.

Tabla 12: Controles del acceso físico

criterio	Estrategia
Controles del acceso físico.	<p>Generar el procedimiento de "Baja de Personal" en donde se enlista los elementos que se le retiran al trabajador antes de su salida, como: gafete de identificación, tarjeta de combustible, equipo de comunicación y contraseña de acceso a su correo (cuando aplique). Esta entrega se especifica también en el contrato laboral que tiene el empleado. Manual de seguridad física en donde está el procedimiento "Control de entrada y salida de personas - visitantes y proveedores" en la compañía, que es de conocimiento de todo el personal, así como función del guardia de seguridad en turno.</p> <p>Llevar a cabo el registro en Bitácora de todas las visitas. No dar acceso hasta que se autorice la entrada, acompañar a la visita en todo momento, retener la identificación del proveedor o visitante y no regresarla hasta la salida, verificar que no salga con equipo y/o material de la empresa sin previa autorización.</p>

La seguridad del personal: El recurso humano de una empresa es uno de sus activos más valiosos, pero también puede ser uno de sus eslabones de seguridad más vulnerables (tabla 13). Los criterios de esta categoría se centran en asuntos como el escrutinio de los empleados y las verificaciones previas al empleo.

Tabla 13: Seguridad del personal

criterio	Estrategia
La seguridad del personal.	<p>Generar el procedimiento que tiene Recursos Humanos "alta de personal" se especifica que antes de proceder al empleo de nuevos empleados se le realiza un estudio socioeconómico, verificación de referencias y/o previos empleos y un examen antidoping. Los empleados en posiciones sensibles: operadores, encargados de seguridad se evalúan periódicamente en estudios socioeconómicos y hay exámenes antidoping aleatorios todo el año.</p>

La educación, la formación y la concientización: Los criterios de seguridad de C-TPAT están diseñados para formar la base de un sistema de seguridad en capas (tabla 14). Si se supera una capa de seguridad, otra capa debería evitar una violación de seguridad o alertar a una empresa de una violación. La implementación y el mantenimiento de un programa de seguridad en capas necesitan la participación activa y el apoyo de diferentes departamentos y personal vario.

Tabla 14: Educación, la formación y la concientización

Criterio	Estrategia
Educación, la formación y la concientización.	Integrar en el plan anual de capacitación, los criterios del C-TPAT, así como auditorías internas para el seguimiento y control de los procedimientos.

CONCLUSIONES

La importancia de fortalecer la cadena de suministro cobra relevancia ya sea por la firma de Tratados del Libre Comercio, estrategia nacional, o exigencia de los mismos clientes en exigir proveedores certificados que aseguren el bienestar de las cargas y de los servicios, los distintos programas (OEA, C-TPAT, BASC, ISO, etc.) representan una opción para las organizaciones que desean implementar programas que mitiguen el riesgo en su servicios, en el caso de la "organización" en la cual se generó el diagnóstico e implemento el programa en sus distintas áreas, abarcando los distintos criterios del programa C-TPAT, con lo cual se generó un programa de trabajo a un año para dichas acciones y evaluación de las mismas, en el mediano plazo se considera la certificación en dicho programa, además de la certificación en ISO 9001: 2015, ya que los procesos de la organización ya estarán implementados. Con respecto a los objetivos trazados al inicio del proyecto (generales y específicos), la organización está en etapa de implementación, evaluación y seguimiento (control), de las estrategias asignadas a cada criterio y el seguimiento por parte de los auditores internos que se conformaron y de auditorías generadas por entes externos (grupo de trabajo que realizó el diagnóstico y propuestas), para entonces proponer el programa a otras organizaciones que deseen ser evaluadas y certificadas en los programas de manejo del riesgo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aitken, J. (1998). Supply Chain Integration within the Context of a Supplier Association. [PhD Thesis, Cranfield University]. <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/9990>
- Asociación para la Protección de Activos Transportados (2020). Objetivos. [https://www.tuv.com/spain/es/asociaci%C3%B3n-para-la-protecci%C3%B3n-de-activos-transportados-\(tapa\)-camiones.html](https://www.tuv.com/spain/es/asociaci%C3%B3n-para-la-protecci%C3%B3n-de-activos-transportados-(tapa)-camiones.html)
- Ballou. R. (2004). Logística. Administración de la cadena de suministro. (5 ed). Pearson Educación.
- Cámara Nacional del Autotransporte de Carga, (2020). Transportando. <https://canacar.com.mx/comunicacion/revista/marzo-2021/>
- Consejo Empresarial Mexicano de Comercio Exterior, Inversión y Tecnología, A.C. (2021). Cadena Segura del Comercio Exterior Mexicano. <https://www.comce.org.mx/>
- Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (2020), Verificación de las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, EC0391. <https://www.uttt.edu.mx/Conocer/EC0391.pdf>
- C-TPAT Analisis de Riesgos en 5 pasos. (2020). Obtenido de C-TPAT Analisis de Riesgos en 5 pasos: http://www.dian.gov.co/descargas/operador/documentos/2015/Analisis_de_Riesgo_En_5_Pasos.pdf
- Logística, C. L. (2010). Riesgo en la cadena de abastecimiento. Obtenido de Riesgo en la cadena de abastecimiento: <http://www.icesi.edu.co/blogs/bitacorariesgointegral1010/files/2010/11/gestion-de-riesgos-en-la-sch.pdf>
- Gobierno de México, (2021). Incidencia delictiva del fuero común. <https://drive.google.com/file/d/1zKPpd-GNwZJOT7xeehOQs5UqwnTpyfEj/view>



- Handfield, R. B. y Nichols, E. L. (1999). Introduction to Supply Chain Management. Englewood Cliffs. New Jersey 07458, USA. Huish, P.
- Mentzer, J. J. T., Dewitt, W., Keebler, J. J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- Organización de las Naciones Unidas (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Organización Internacional de Normalización, (2018a). Sistemas de gestión de la calidad, Fundamentos y vocabulario (ISO-9000-2015). <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- Organización Internacional de Normalización, (2018b). Sistemas de gestión de la calidad, Requisitos (ISO-9001-2015). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Organización Internacional de Normalización, (2021). Gestión del riesgo -Directrices, (ISO-31000:2018). <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>
- Reino Aduanero (2022). Certificación OEA Operador Económico Autorizado, <https://reinoaduanero.mx/certificacion-oea-operador-economico-autorizado/>
- Sistema Nacional de Seguridad Pública, (2021), Informes Seguridad, <http://www.informeseguridad.cns.gob.mx/>
- World BASC organization. (2017). Documentos BASC, Obtenido de World BASC organization: <http://www.wbasco.org/espanol/normas.htm>

INTERVENCIÓN ORGANIZACIONAL EN EL CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA EL TRABAJO INDUSTRIAL, EN EL MUNICIPIO DE VICTORIA DE DURANGO, DGO

Israel Ivan Gutiérrez Muñoz

Universidad Tecnológica de Durango
israel.gutierrez@utd.edu.mx

Sigfrido Soriano Lerma

Universidad Tecnológica de Durango
sigifredo.soriano@utd.edu.mx

Diana Azucena Villaseñor Mata

Universidad Tecnológica de Durango
diana.villasenor@utd.edu.mx

Fecha de recepción: 11/07/2022

Fecha de aprobación: 20/08/2022

15

Resumen

La presente investigación, es una intervención organizacional dirigida al Centro de Capacitación para el Trabajo Industrial, localizado en el Municipio de Victoria de Durango, Dgo., el objetivo es proponer estrategias de mejora en las áreas de recursos humanos, vinculación, servicios escolares así como lo relacionado con la capacitación docente y su actuar pedagógico y andragógico, la intervención se sujetó al modelo de cambio planeado de Lippitt, Watson y Wesley, el cual establece siete aspectos para lograr el cambio en la organización; la exploración como punto de partida, la existencia de un acuerdo entre las partes (contrato), el diagnóstico, el cual permite aclarar el problema, la planeación de los distintos caminos, la acción como la implementación de lo planeado, después viene la etapa de estabilización y evaluación de las acciones y el cierre de la misma. Para la fase de planeación se utilizó la herramienta de cuadro de mando integral para establecer los objetivos, estrategias, indicadores y los planes de acción, cabe resaltar que dicho proyecto tiene un alcance hasta la etapa de planeación.

Palabras clave: Diagnóstico, estrategias, intervención, mejora.

Abstrac

This research is an organizational intervention directed at the Training Center for Industrial Work, located in the Municipality of Victoria de Durango, Dgo. The objective is to propose improvement strategies in the areas of human resources, outreach, school services as well as Regarding teacher training and their pedagogical and andragogic actions, the intervention was subject to the Lippitt, Watson and Wesley model of planned change, which establishes seven aspects to achieve change in the organization; the exploration as a starting point, the existence of an agreement between the parties (contract), the diagnosis, which allows clarifying the problem, the planning of the different paths, the action as the implementation of what was planned, then comes the stage of stabilization and evaluation of the actions and the closing of the same. For the planning phase, the balanced scorecard tool was used to establish the objectives, strategies, indicators and action plans, it should be noted that this project has a scope until the planning stage.

Key Words: Diagnosis, strategies, intervention, improvement

INTRODUCCIÓN

La intervención profesional es considerada una herramienta que permite cambiar la realidad de una organización por medio de la generación de un diagnóstico, el cual identifica la problemática y define acciones concretas para la solución. La intervención profesional está dirigida a detectar áreas de oportunidad en áreas de Recursos Humanos, Departamento de Vinculación, Servicios Escolares, así como docencia, específicamente, clima laboral, proceso de detección de necesidades de capacitación y promoción institucional. Los Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (CECATI), forman parte de Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo (DGCFT), perteneciente a la Subsecretaría de Educación Media Superior (SEMS) de la Secretaría de Educación Pública (SEP). Los CECATI son centros educativos, cuyos servicios van orientados a la capacitación para/y en el trabajo ya que se ofrecen a empresas y/o el autoempleo. La capacitación se imparte usando el modelo basado en competencias, es por eso que cuenta con varias especialidades, ya que, buscan desarrollar habilidades, destrezas, conocimientos y valores en los capacitados, lo cual les permite incrementar sus posibilidades de ingresar al mercado laboral. Entiéndase por competencias aquellas capacidades productivas de los individuos que se definen y miden en términos de desempeño en un determinado contexto laboral, (Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral [CONOCER], 1997), referente a las competencias básicas Mateo (2010) las define como: la forma en la que cualquier persona utiliza sus recursos personales habilidades, actitudes, conocimientos y experiencias para actuar de manera activa y responsable en la construcción de su proyecto de vida tanto personal como social. Del mismo modo Jauraritz (2009) afirma que las competencias clave, esenciales, fundamentales o básicas, son: aquellas que son necesarias y beneficiosas para cualquier individuo y para la sociedad en su conjunto y hay un cierto acuerdo común en entenderlas como el conjunto de conocimientos, destrezas y actitudes esenciales para que todos los individuos puedan tener una vida plena como miembros activos de la sociedad.

Las organizaciones son un conjunto de personas, máquinas y procesos que interactúan entre sí, en búsqueda de objetivos comunes. Estos grupos evolucionan y se adaptan a los cambios en su entorno, como lo define Hernández (2011, p.27) al desarrollo organizacional, el cual es:

El proceso mediante el cual la organización evalúa las conductas, los valores, las creencias y las actitudes de la gente para enfrentar la resistencia al cambio; con lo cual puede aplicar modificaciones en la cultura organizacional para alcanzar mejores niveles de productividad y eficiencia.

Los cambios organizacionales han generado distintas posturas como lo define Stagnaro (2019), el proyecto de intervención es un género discursivo del ámbito profesional cuyo propósito consiste en diagnosticar y caracterizar un problema de orden práctico o una situación problemática para plantear estrategias que permitan articular acciones para su superación. Las herramientas de intervención según Montagud (2019) son:

Tabla 1: Descripción de las Técnicas de Investigación

Técnica	Descripción
Observación	Implica observar atentamente, el fenómeno, hecho o caso concreto, tomando la información necesaria y registrándola de forma más o menos sistemática.
Entrevista	Es una técnica con la cual se obtienen datos a partir del diálogo entre dos personas: el entrevistador, o bien el investigador, y el entrevistado.
Análisis de documentos	En esta técnica se encarga de explorar todo aquello que se haya escrito acerca de un determinado tema o problema.

Nota: fuente Montagud (2019).



METODOLOGÍA

Para efectos del diagnóstico organizacional la intervención profesional se realizó bajo el modelo de planeación de Lippitt, Watson y Westley el cual plantea siete etapas del proceso de cambio, las cuales son: exploración: consiste en el desarrollo de una necesidad para el cambio (corresponde a la fase de 'descongelamiento' de Lewin). Entrada: es el establecimiento de una relación de cambio, asimismo, la etapa en la que se necesita un agente de cambio, de preferencia externo al sistema, con quien establecer una relación de trabajo. Diagnóstico: es la fase donde se aclara o determina el problema, permite detectar las causas principales de las dificultades que afectan a la organización. Planeación: consiste en la elección de rutas de solución y metas por alcanzar. Acción: es la etapa de transformación de las intenciones en esfuerzos reales (las etapas 3 a 5 corresponden a las de movimiento de Lewin). Estabilización y evaluación: se caracteriza por la generalización y estabilización del cambio (corresponden a la etapa de "volver a congelar" de Lewin), por último, la etapa de finalización en la cual la relación entre el cliente y el facilitador llega a su fin.

Se diseñó el instrumento para medir las variables involucradas en los procesos antes descritos, en el cual se determinó el índice de confiabilidad de alfa de Cronbach por medio del paquete estadístico Minitab® versión 19, obteniendo como resultado para el cuestionario 1 un alfa de .88 y para el segundo de .95, las variables consideradas se representan en la siguiente tabla.

Tabla 2: Variables analizadas

Variables	
1. Agotamiento laboral.	6. Promoción de cursos
2. Comunicación.	7. Procesos de control escolar
3. Valores	
4. Habilidades	
5. Formación y trabajo en línea	

Para la implementación de las estrategias, se propone una fase de evaluación individual de iniciativas presentadas con el fin de verificar el presupuesto, analizando las variables de objetivos, horizonte (tiempo) y nivel de dirección, para entonces formar el programa de trabajo, ejecutarlo y dar seguimiento y control.

RESULTADOS

Por medio de la entrevista preliminar y análisis documental se estableció el FODA de la organización.

Tabla 3: FODA

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Amplias Instalaciones Oferta Educativa Actualizada Docentes Expertos en la Materia Contratación Externa Costo Accesible y Competitivo Horario de Clases Flexible Documentos con Validez Oficial	Alta Deserción Comunicación Institucional Deficiente Consolidación de la Carrera de Hotelería y Cosmetología Equipo y Maquinaria Obsoleto
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Convenios con Instituciones Disponibilidad de Extensión a Municipios Donativos por parte de la Iniciativa Privada	Presupuesto Federal Competencia en la Oferta Educativa Ubicación en la Ciudad

La siguiente figura muestra los resultados obtenidos de las variables analizadas, la calificación cuantitativa global fue del 70%, sin embargo, considerando que la meta a alcanzar es el 100% en la satisfacción de dichas variables, se puede observar que, en las áreas de comunicación, procesos de control escolar, promoción, así como formación y trabajo en línea, son las que se encuentran más alejadas de la meta, por lo que las propuestas de mejora van orientadas a elevar éste resultado.

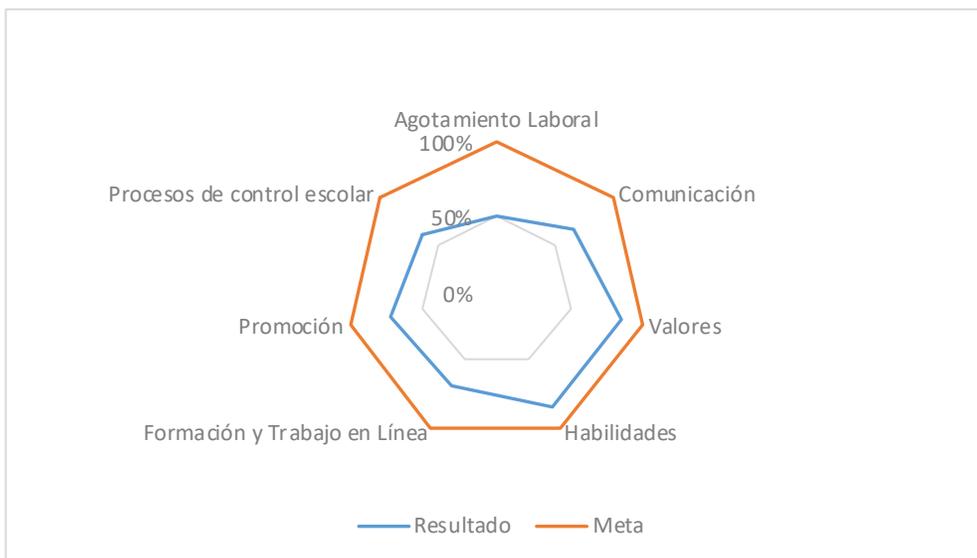


Figura 1: Resultados de la ejecución del diagnóstico por áreas funcionales

Las propuestas se establecieron en el cuadro de mando integral con la intención de establecer los mecanismos de control y medición de las actividades.

Tabla 4: Cuadro de Mando Integral

Objetivo	Nombre del KPI	Formula de calculo
<p>Formación y trabajo en línea</p> <p>Concientizar al personal docente de la importancia de la adquisición de nuevas habilidades con la finalidad de que diseñen cursos innovadores que sean atractivos y de acuerdo a lo que demanda el mercado laboral y con esto se vean beneficiados al incrementar su matrícula.</p>	Capacitación	$\frac{\text{No. de capacitados}}{\text{Total de personal docente}}$
<p>Estrategia: Realizar e implementar un plan anual de capacitación con el fin de fortalecer los conocimientos y habilidades de los docentes, para lo cual es necesario llevar a cabo el proceso de capacitación, el cual consiste en: Iniciar con la realización del diagnóstico de necesidades de capacitación a los docentes con el fin de conocer sus áreas de oportunidad tanto pedagógicas como de habilidades en la especialidad que imparten, éste se realizará mediante un cuestionario y utilizando la herramienta Google forms, se les hará llegar vía correo electrónico. Elaborar e implementar un plan anual de capacitación con su programa de actividades. Posteriormente se llevará a cabo la operación de las acciones de capacitación, con base en esto, se promoverá la oferta educativa del Centro de Investigación y Desarrollo de la Formación para el Trabajo (CIDFORT) http://www.campusvirtual.cidfort.edu.mx/, ya que su oferta educativa propone cursos en línea que pueden ajustarse a las necesidades de horario y tiempo de los docentes. La formación que ofrece esta institución busca la mejora en la práctica docente además de ofrecer cursos con fines de certificación en los que, al término, los docentes habrán desarrollado los productos necesarios para evaluar sus habilidades y obtener un certificado en determinado estándar de competencia, es importante mencionar que los cursos ofrecidos por el CIDFORT son gratuitos para el personal adscrito a CECATI y el documento recibido al término del mismo es un documento oficial validado por la SEP. Del mismo modo, el CECATI siendo un centro de capacitación además de centro evaluador, puede planear cursos basados en los resultados del diagnóstico y de igual manera abrir un espacio cada 6 meses en el horario tanto matutino como vespertino para la impartición de un curso diseñado especialmente para satisfacer las necesidades específicas que se hayan detectado, el curso podrá ser impartido por los mismos docentes de la institución, dependiendo de la especialidad que se trate y de igual manera no generará algún costo para el personal.</p>		

Objetivo	Nombre del KPI	Formula de calculo
<p>Comunicación</p> <p>Hacer más eficiente la comunicación al interior de la institución con la finalidad de mejorar las relaciones interpersonales, agilizar la coordinación de tareas, compartir de manera más eficiente la información entre las áreas y con esto favorecer la integración del personal docente en los proyectos institucionales, esto mediante el uso de las tecnologías de información y comunicación, así como, reuniones presenciales.</p>	Comunicación efectiva	$\frac{\text{No. de reuniones concluidas}}{\text{Total de personal docente}}$
<p>Estrategia: De acuerdo a la calificación cualitativa de la variable de Comunicación la cual fue "Bajo" para todos sus reactivos, la propuesta se basa en reducir las barreras de la comunicación existentes en la institución, con la finalidad de ayudar a formar un equipo docente cohesionado, aumentar su compromiso e incrementar su motivación, es importante resaltar que la comunicación no consiste únicamente en la transmisión de mensajes, sino que se trata de un proceso complicado de significados entre los docentes, entre docentes con el personal directivo y con el resto del personal que forma parte de la institución. Las principales barreras de comunicación detectadas con base en el instrumento aplicado fueron las siguientes: 1. Información expresada deficientemente. 2. Desconfianza o temores en la comunicación. 3. Falta o ausencia de planeación en la comunicación. Las propuestas de mejora para reducir las barreras antes mencionadas son: 1. Reuniones trimestrales del equipo docente que estén previamente planeadas con objetivos claramente determinados, con la finalidad de compartir ideas referentes a su desempeño académico, solicitar comentarios y expresar libremente sus opiniones, estableciendo reglas de interacción, la duración de estas reuniones será máximo de una hora, por lo que previo a la reunión se elaborará un orden del día que se les hará llegar vía correo electrónico, dichas reuniones pueden ser presenciales o bien virtuales de acuerdo a las necesidades que la institución tenga en ese momento, se propone establecer una programación anual realizada al inicio del ciclo escolar con la finalidad de que los docentes la integren a su planeación anual de cursos. 2. Pláticas motivacionales y dinámicas en el grupo de docentes. La realización de éstas actividades ayuda a crear relaciones abiertas y muestran a los trabajadores nuevas formas eficaces de comunicarse e interactuar. Para realizar esta actividad es necesario establecer una programación anual, tal como se mencionó en el punto anterior, en este caso por parte del área de vinculación apoyado por los institucionales con los que se trabaja, ya que cuentan con personal especializado para pláticas motivacionales. 3. Retroalimentación a los docentes. La retroalimentación al docente comprende cualquier comunicación que ese docente recibe en su desempeño, basada en algún tipo de interacción con su trabajo, esto deberá realizarse mediante un proceso estructurado planeado, en el cual de manera individual se harán las observaciones pertinentes cuando se haya detectado alguna irregularidad en el desempeño de sus funciones y será grupal cuando sea necesario mencionar las mejores prácticas o situaciones que se hallen presentando de manera general. 4. Realizar eventos deportivos entre el personal durante dos veces por año, en este caso, será turnando todo el personal de la institución, no solamente el personal docente, con el objetivo de reforzar las relaciones interpersonales en los trabajadores.</p>		





<p>Procesos de Control Escolar</p>	<p>Mejorar los procesos de elaboración de la programación de cursos, así como la entrega de acreditaciones para la elaboración de constancias y diplomas.</p>	<p><i>No. de programaciones entregadas</i> <i>Total de personal docente</i></p>
<p>Estrategia: De acuerdo a los resultados de la variable Procesos que tuvo calificación cualitativa de "Malo", en este aspecto se puede observar que lo que ocasiona mayor estrés y agotamiento en los docentes en la parte administrativa, es la programación de sus cursos y la falta de seguimiento del mismo, así como la entrega de acreditaciones de manera oportuna, esto debido a la falta de jefe inmediato, ya que hace 10 meses la institución se quedó sin el Jefe del Área de Capacitación. La falta de seguimiento es lo que ocasiona que los instructores no entreguen en tiempo y forma la programación, así como las acreditaciones, lo que también impide realizar una promoción oportuna de los cursos. Por otro lado, la contratación del jefe de capacitación no depende de la institución sino de la Dirección General y esto podría suceder hasta dentro de aproximadamente 6 meses más. La propuesta para cambiar esta situación es asignar una secretaria de control escolar para que lleve un control en la programación de cada docente, tendrá contacto con ellos ya sea de manera presencial o virtual. El proceso consiste en: Solicitar a los docentes la programación anual de cursos tres semanas antes del inicio del ciclo escolar. Verificar las fechas de término de los cursos de los docentes y con dos semanas de anticipación al término de cada curso, le solicitará al docente las acreditaciones, así como la confirmación del siguiente curso que va a impartir de acuerdo a su programación, junto con la secuencia didáctica del mismo, el docente deberá entregar dicha información en un plazo no mayor a 2 días. Si el curso que va a impartir será diferente a lo que ya tenía planeado, de igual manera hará llegar la información correspondiente. La secretaria deberá verificar la fecha de inicio y de término del curso, la duración en horas, el nombre de curso y especialidad. Y pasar dicha información al jefe del área de vinculación quien es el responsable de revisar el contenido de la secuencia didáctica, así como de realizar la promoción oportuna del curso. El proceso antes mencionado se llevará a cabo con cada docente, la secretaria asignada solamente realizará esta actividad ya que son 21 docentes y cada curso que imparten tienen fecha de término diferentes. Se realizará una reunión donde se les comunicará y explicará a los docentes esta nueva dinámica de trabajo. Realizar estas actividades no genera algún costo para la institución.</p>		

<p>Promoción De Cursos</p>	<p>Supervisar y dar seguimiento a las visitas de los docentes a la red social de Facebook de la institución y generar una red de contactos mediante Facebook con alumnos, exalumnos y docentes con la finalidad de compartir la oferta educativa de manera frecuente.</p>	<table border="0"> <tr> <td>Tasa de aplauso</td> <td>(No. me gusta/total de Seguidores) x100</td> </tr> <tr> <td>Tasa de alcance de la publicación</td> <td>(No. vistas/total de seguidores) x100</td> </tr> <tr> <td>Tasa de crecimiento de audiencia</td> <td>(Seguidores nuevos/total de seguidores) x100</td> </tr> </table> <p>Estrategia: Esta propuesta de mejora considera la disposición de apoyar en la promoción de cursos que mostraron los docentes en el instrumento aplicado. El área de vinculación realiza las actividades de promoción del plantel, sin embargo, los docentes poco participan en estas acciones por lo que se propone lo siguiente: Cada docente deberá generar una red de contactos propia en la que incluirá alumnos y exalumnos, la propuesta es generar una cuenta de Facebook para llevar a cabo esta actividad y que no usen su cuenta personal, en la cuenta incluirán a la persona encargada de verificar la frecuencia de su actividad en esta red. La supervisión se hará de manera semanal, para tener un control de la participación del docente, ésta persona deberá contactar al docente en caso de que no haya realizado alguna publicación, con la finalidad de recordarle y proporcionarle en su caso la publicidad requerida para que cumpla la meta, el objetivo es que tenga mínimo dos publicaciones de sus cursos por semana. Del mismo modo, como la institución cuenta con la red social de Facebook donde se publican las actividades que la institución realiza, tanto de acuerdos de colaboración, como, culturales, deportivas y sociales, se propone llevar un control de las visitas de los docentes contabilizando la cantidad de "Me gusta" que han dado, igualmente con los "compartir" de las imágenes de promoción de sus cursos. Para esto se les notificará mediante el grupo de WhatsApp de "Avisos" cuando se hagan nuevas publicaciones. Es importante que la persona que se va a encargar de esta actividad tenga una comunicación constante y efectiva con los instructores, es necesario contar con un checklist que cuente con los criterios que el docente debe cubrir, es decir visitas, clicks en "Me gusta" así como en "Compartir". Por otro lado, el docente en conjunto con el área de vinculación buscará realizar una visita ya sea en alguna institución o empresa en la que sus procesos sean a fin a su especialidad con la finalidad de dar a conocer los beneficios de capacitarse y actualizarse en su rama. Para esto se propone establecer un programa anual de visitas por parte del área de vinculación en el que se calendaricen al menos una visita por cada docente.</p>	Tasa de aplauso	(No. me gusta/total de Seguidores) x100	Tasa de alcance de la publicación	(No. vistas/total de seguidores) x100	Tasa de crecimiento de audiencia	(Seguidores nuevos/total de seguidores) x100
Tasa de aplauso	(No. me gusta/total de Seguidores) x100							
Tasa de alcance de la publicación	(No. vistas/total de seguidores) x100							
Tasa de crecimiento de audiencia	(Seguidores nuevos/total de seguidores) x100							

DISCUSIÓN

Existen una variedad de modelos de diagnóstico organizacional que se han derivado del desarrollo organizacional, la intervención empresarial son las acciones preventivas y correctivas que realiza un consultor para optimizar los procesos humanos, tecno-estructurales, recurso humano y estratégicos, distintos autores como Jacobson, Butterill y Goering consideran la intervención organizacional como un proceso de cinco fases, cuyas etapas son pre-entrada, entrada, diagnóstico, intervención y salida, al igual Kubr Milan describe como fases de iniciación, diagnóstico, planificación de medidas, aplicación y terminación, independientemente del modelo a seleccionar, todos buscan el bien común de la organización y la mejora de los distintos departamentos, de lo cual se crean una o varias estrategias de mejora que influyan de manera positiva en la organización y coadyuven a alcanzar las metas y objetivos definidos.

CONCLUSIONES

El instrumento que se realizó para hacer el diagnóstico del área docente se aplicó a los 21 docentes activos de la institución los cuales cuentan con una edad que va desde los 26 hasta los 64 años, los instructores cuentan con una antigüedad mínima de 3 años, mientras que otros ya cuentan con 42 años de servicios, 8 maestros son del sexo femenino y 13 masculino.

Una vez que se aplicó el instrumento, se llevó a cabo el análisis de los resultados donde se determinó las variables con más baja calificación las cuales son: comunicación, procesos de control escolar, formación y trabajo en línea y promoción de cursos.

Por otro lado en la variable de agotamiento laboral en general tuvo una calificación favorable, solamente destacaron tres reactivos que resultaron con calificación cualitativa de malo y muy malo, éstos ítems se refieren al agotamiento del trabajador durante su jornada laboral, mientras que el resto de ellos hablan del agotamiento en su desempeño como docentes, la relación con sus alumnos, así como su situación emocional con respecto a su trabajo en los cuales la calificación obtenida fue de muy buena a excelente.



Del mismo modo en las variables de valores y habilidades los resultados fueron favorables, los docentes tienen un alto grado de pertenencia a la institución, así como, una buena percepción de sí mismos con respecto a su capacidad para impartir la capacitación de su especialidad y la disposición que tienen en actualizarse en su área.

Las propuestas de mejora se enfocan en las áreas de oportunidad antes mencionadas se utilizó un cuadro de mando para poder definir de manera cuantitativa los resultados que se pretenden obtener en un mediano plazo.

Se recomienda que la institución incluya en la planeación anual de cursos, una programación de capacitación con fines de actualización para el personal docente, realizando una detección de necesidades y llevando a cabo el proceso de capacitación, considerando que el mismo plantel puede ofrecer dicha capacitación o bien considerar la oferta educativa programada por el CIDFORT, esto para el área de oportunidad que se encontró en formación y capacitación en línea y que fortalece al factor de habilidades.

En el aspecto de la comunicación, se consideró de gran manera la importancia de este factor y la relevancia que tiene en el clima laboral, ya que, puede afectar o beneficiar las relaciones interpersonales, la comunicación organizacional es una herramienta fundamental, ya que da lugar a la transmisión de la información al interior de la institución por lo tanto debe ser clara y precisa. Se propuso realizar reuniones trimestrales con el personal docente, realizar pláticas motivacionales, dinámicas de grupo, eventos deportivos y una retroalimentación constante en ésta área, que permitan una mejor integración en el grupo docente y genere ese ambiente de confianza donde puedan expresar sus ideas e inconformidades de manera respetuosa con la finalidad de beneficiar a la institución.

Por otro lado, la falta de jefe inmediato, la continua rotación del mismo, así como el no tener una figura en el área de control escolar que coordine sus trabajos de planeación, genera en los docentes ciertas inconformidades que afectan no solo su labor docente en el aspecto administrativo sino también a la institución, ya que el hecho de no entregar información de manera oportuna retrasa la promoción de sus cursos, así como su certificación.

En este sentido se propone que se asigne a una persona del área de control escolar a que verifique con base al calendario escolar que la programación de cursos sea correcta con base a la planeación, así como las fechas de entrega de acreditación para llevar a cabo la certificación de manera oportuna.

De igual manera, para el caso de la promoción de cursos, se tomó en cuenta la disposición que muestran los docentes para colaborar, lo que permitirá que las propuestas realizadas tengan los resultados esperados, por lo que al llevar a cabo su participación de manera planeada y supervisada permitirá obtener los resultados esperados.

Los beneficios de las soluciones propuestas se podrían reflejar en un mediano plazo y de implementarse se pueden considerar actividades de planeación de inicio de ciclo escolar de manera permanente, el principal beneficio sería el mejoramiento en el clima laboral lo que incrementaría la satisfacción en el cuerpo docente, implementar una manera eficiente de actualización a instructores así como de la promoción eficiente de sus cursos lo que puede permitir un incremento en las inscripciones y esto se verá reflejado en la estadística de alumnos atendidos y por lo tanto en la matrícula general de la institución lo que conllevaría a generar mayores ingresos al plantel.

En cambio, una desventaja de las propuestas de mejora es que estas van dirigidas exclusivamente al área docente, no incluye al personal administrativo y ni al de apoyo, por lo que sería necesario que las autoridades de la institución realizaran una intervención como proyecto a mediano o largo plazo para las áreas mencionadas.

El costo que implica implementar las soluciones es de \$3,000.00 y sería solamente para la parte de la actualización docente en caso de que se requiera comprar materiales para los participantes, el resto de las propuestas no implican costo alguno.

Este trabajo de intervención profesional se llevó a cabo debido a la necesidad de implementar nuevas opciones de trabajo que integren a los instructores, en especial manera después de haber pasado por un confinamiento debido a la pandemia por COVID-19.

Finalmente, el resultado esperado es un cuerpo docente satisfecho y con una disposición permanente a realizar sus actividades académicas de forma oportuna y eficiente, con relaciones laborales sanas y una comunicación eficaz al interior del área de capacitación que permita generar cursos de capacitación innovadores y atractivos acordes a las necesidades del mercado laboral actual.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales, (2022). Sistema Nacional de Competencias. https://conocer.gob.mx/acciones_programas/sistema-nacional-competencias/
- Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales, (2022). ¿Qué es el CONOCER? https://conocer.gob.mx/acciones_programas/conocer-mision-vision-politica-objetivos-calidad/
- Hernández et al. (2011). Desarrollo Organizacional Enfoque Latinoamericano (1ª ed.). http://www.educa.seprog.com.mx/pluginfile.php/2767/mod_resource/content/1/2.-Libro%20Desarrollo_Organizacionl_Enfoque_Latinoa%20%281%29.pdf
- Jauraritz, E. (2009). Las Competencias Básicas en el Sistema Educativo de la C.A.P.V https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/inn_doc_comp_basicas/es_def/adjuntos/competencias/300002c_Pub_BN_Competencias_Basicas_c.pdf
- Mateo V. (2010). Origen y desarrollo de las Competencias Básicas en Educación Primaria, <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6989.pdf>
- Montagud, N. (2019). Los doce tipos de técnicas de investigación: características y funciones. Psicología y Mente. <https://psicologiaymente.com/cultura/tipos-tecnicas-investigacion>
- Rodríguez, A. (2022). Competencias específicas: tipos, para qué sirven y ejemplos. <https://www.lifeder.com/competencias-especificas-tipos-para-que-sirven-y-ejemplos/>
- Stagnaro, D. (S.F.). El proyecto de intervención, <https://wac.colostate.edu/docs/books/encarrera/stagnaro-representacao.pdf>

LAS CÉLULAS GLIALES Y SU PAPEL EN LAS ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS MOTORAS Y COGNITIVAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Benjamín Molina Salomón
Universidad Veracruzana
zs16021678@estudiantes.uv.mx

Norma Berzabel Zilli Ponce
Universidad Veracruzana
nzilli@uv.mx

Yaqueline Antonia Gheno Heredia
Universidad Veracruzana
ygheno@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández
Universidad Veracruzana
kbanuelos@uv.mx

César Antonio Pérez Estudillo
Universidad Veracruzana
cesperez@uv.mx

María del Carmen Arenas Del Ángel
Universidad Veracruzana
mararenas@uv.mx

Fecha de recepción: 12/08/2022
Fecha de aprobación: 28/08/2022

26

Resumen

El sistema nervioso (SN) se divide en Sistema Nervioso Central (SNC) y Periférico (SNP); Conformándose por neuronas, responsables del procesamiento de información debido a la excitabilidad eléctrica. Así como, por células gliales (CG) que se dividen en oligodendrocitos, microglía, astrocitos, células del epéndimo, células de Schwann y células satélite. Reportes acerca del SNC y SNP muestran patologías o enfermedades neurodegenerativas (que involucran la degeneración progresiva y la muerte de las neuronas) por diversas causas. Ahora se sabe que las células gliales (microglía y astrocitos) son los principales efectores de la respuesta neuroinmunológica en las enfermedades desmielinizantes, mediante su activación y liberación de moléculas neurotóxicas como citocinas y quimiocinas. Esta respuesta neuroinmunológica es fundamental en el proceso de neurodegeneración, ya que puede contribuir con la muerte neuronal. Mientras que, alteraciones en otros tipos de células gliales pueden presentarse en enfermedades motoras, cognitivas y psiquiátricas. La presente revisión sistemática aborda diversas investigaciones sobre células gliales y su papel en algunas enfermedades neurodegenerativas como en la enfermedad de Alzheimer, esclerosis lateral amiotrófica, enfermedad de Parkinson y esclerosis múltiple, así como, distintas técnicas que se han desarrollado en diversas investigaciones para mitigar, reparar o generar los efectos de estas enfermedades.

Palabras clave: Enfermedades neurodegenerativas, sistema nervioso, neurodegeneración, degeneración axonal

Abstrac

The nervous system (NS) is divided into the Central Nervous System (CNS) and the Peripheral Nervous System (PNS); Consisting of neurons, responsible for information processing due to electrical excitability. As well as by glial cells (CG) that divide into oligodendrocytes, microglia, astrocytes, ependymal cells, Schwann cells and satellite cells. Reports about the CNS and PNS show pathologies or neurodegenerative diseases (involving the progressive degeneration and death of neurons) due to various causes. It is now known that glial cells (microglia and astrocytes) are the main effectors of the neuroimmunological response in demyelinating diseases, through their activation and release of neurotoxic molecules such as cytokines and chemokines. This neuroimmunological response is essential in the neurodegeneration process, since it can contribute to neuronal death. While, alterations in other types of glial cells can occur in motor, cognitive and psychiatric diseases. This systematic review addresses various investigations on glial cells and their role in some neurodegenerative diseases such as Alzheimer's disease, amyotrophic lateral sclerosis, Parkinson's disease and multiple sclerosis, as well as different techniques that have been developed in various investigations to mitigate, repair or generate the effects of these diseases.

Keywords: Neurodegenerative diseases, Nervous system, neurodegeneration, Axonal degeneration

INTRODUCCIÓN

El sistema nervioso (SN) está constituido principalmente por neuronas y células gliales (CG). Dentro de estas últimas se pueden encontrar diferentes tipos como: a) oligodendroglia, b) microglía, c) astrogía, d) células endoteliales, e) células de Schwann f) células satélites. De acuerdo con (García y Massieu, 2004) se estima que el cerebro humano contiene más de 100 mil millones de neuronas mientras que el número de CG supera entre 5 y 10 veces a la población neuronal. La relación entre estos dos tipos de células es fundamental para mantener la homeostasis cerebral.

Sin embargo, el estudio de las células gliales ha sido escaso debido a que durante mucho tiempo se consideraron como simples elementos de soporte estructural de las neuronas (Martínez-Gómez, 2014). En diversos estudios se ha relacionado a las CG en diferentes procesos requeridos para el correcto funcionamiento del SN, como regular la transmisión sináptica y la plasticidad, por consiguiente, participan en el procesamiento, la transferencia y el almacenamiento de información por parte del sistema nervioso (Araque y Navarrete, 2010). Las células gliales regulan la neurogénesis durante el desarrollo mediante el control de la proliferación de células madre neurales, el apoyo trófico a las neuronas y la eliminación de neuronas moribundas (Corty y Freeman, 2013), lo que apunta hacia un papel más importante de la glía como complejidad del sistema nervioso.

La muerte excitotóxica de las células nerviosas, que se produce por alteraciones en la relación neurona-glía principalmente por el incremento en las concentraciones extracelulares de moléculas como el glutamato, el principal neurotransmisor excitador, se ha relacionado a la pérdida neuronal que se observa en algunas enfermedades neurodegenerativas (EN). La interacción neurona-glía puede funcionar como sistema de neuroprotección que se activa para contrarrestar este daño (García y Massieu, 2004).

La presente tesina realizó una revisión sistemática de publicaciones actuales (de los últimos 6 años), según las directrices de Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis (PRISMA), sobre las células gliales y su papel en las enfermedades neurodegenerativas motoras y cognitivas (por ejemplo, Enfermedad de Alzheimer, Esclerosis múltiple, Enfermedad de Parkinson y Esclerosis Lateral Amiotrófica).



METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática, mediante herramientas electrónicas, de la literatura científica en plataformas de libre acceso como PubMed, Springer Link. Así como plataformas disponibles en la Biblioteca Virtual de la Universidad Veracruzana. Para su elaboración y con la intención de reducir esfuerzos, se utilizaron las directrices de la declaración PRISMA-P (Moher et al., 2009) como sugerencia para la correcta realización de revisiones sistemáticas.

La búsqueda sistemática se realizó utilizando las palabras clave tanto en español como en inglés: Neurodegenerative diseases, enfermedades neurodegenerativas, Schwann cells, células de Schwann, Oligodendrocytes, oligodendrocitos, Myelin, mielina, Axon, axón, Nervous system, sistema nervioso, Neurodegeneration, neurodegeneración, Axonal degeneration, degeneración axonal, treatment, tratamiento, así como los operadores booleanos AND y OR según conviniera. Además, se limitaron los resultados a las publicaciones realizadas en los últimos 6 años (2016-2021). La combinación de términos con mejores resultados en los buscadores fue la siguiente: (Neurodegenerative diseases) (AND Schwann cells) (AND Oligodendrocytes) (AND Myelin) (AND Axon) (AND Nervous system) (AND Neurodegeneration) (AND Axonal degeneration) (AND treatment). Se obtuvieron 649 resultados en PubMed, 54 en Springer Link, 94 en ScienceDirect, y 2489 en EBSCO host. Antes de proceder a la selección de artículos se definieron los criterios de inclusión y exclusión (ver Figura 1). Por lo que, la población de estudio se determinó de acuerdo con el número total de artículos que cumplen con los requisitos (palabras clave, año de publicación).

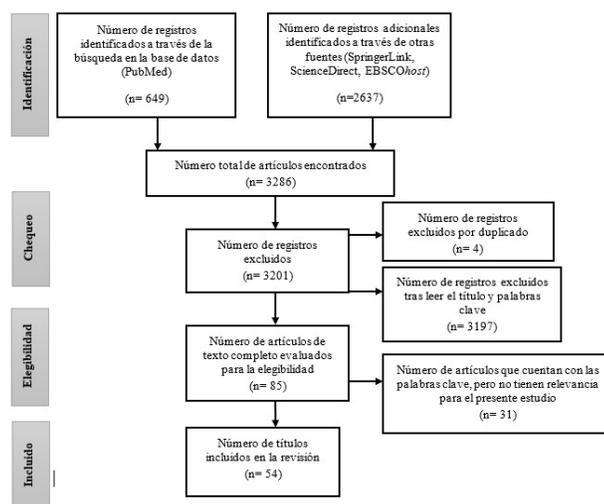


Figura 1. Diagrama de flujo basado en las recomendaciones de PRISMA-P.



Dentro de los Criterios de inclusión se consideraron artículos relacionados con la temática o que en el título cuenten con las palabras clave, artículos que dentro del resumen contengan información relacionada con la temática de esta tesina y que, además, cuenten con las palabras clave elegidas y que se hayan publicado en el periodo comprendido entre los años 2016 y 2021. Mientras que los criterios de exclusión consistieron en artículos que no se relacionen con el tema de investigación y que no cuenten con las palabras clave, artículos duplicados, así como, artículos que cuentan con las palabras clave, pero no tienen relevancia en el presente estudio.

La muestra se determinó de acuerdo con los artículos que cumplieron con los criterios de inclusión ($n = \text{"x"}$ número de artículos). Conforme a estos criterios, y tras leer únicamente el título, se consideraron adecuados 89 artículos, se eliminaron las 4 duplicaciones entre las bases de datos. Así mismo se descartaron 31 artículos después de leer el resumen, principalmente por ser publicaciones que no se enfocaban en las enfermedades neurodegenerativas cognitivas o motoras, o, por no tener relevancia para este estudio.

RESULTADOS

El resultado total de estudios encontrados, a partir de las palabras clave, fue de 3286, sin embargo, solo 54 cumplieron con los criterios de inclusión y fueron seleccionados para llevar a cabo este trabajo. Cabe mencionar que 21 estudios del total seleccionado fueron "artículos de revisión" y 33 "artículos originales". La base de datos donde se obtuvo el mayor número de resultados fue EBSCOhost con 2489 artículos, seguido de PubMed con 649 (Tabla 1). En ambos casos los resultados fueron artículos originales en su mayoría. El mayor número de artículos seleccionados fueron publicados entre 2019 y 2020 (Tabla 2).

Base de datos	Artículos
ScienceDirect	94
SpingerLink	54
EBSCOhost	2489
PubMed	649
Total	3286

Nota: Artículos encontrados en cada una de las bases de datos elegidas para la búsqueda.

Año de publicación	Artículos
2016	7
2017	9
2018	5
2019	11
2020	13
2021	9

Nota: Artículos registrados dentro del intervalo de años (2016 – 2021).



Las palabras clave con mayor incidencia en los artículos fue Oligodendrocytes (Oligodendrocitos) en 29 artículos, seguido de Myelin (Mielina) en 26 y Neurodegenerative diseases (Enfermedades neurodegenerativas), Nervous system (Sistema nervioso) en 13 (Tabla 3). Los artículos con temática relacionada a los oligodendrocitos superaron de manera considerable a los estudios de las células de Schwann. En la Tabla 4 se presentan los países de origen de las investigaciones, la distribución fue variada, predominando los estudios desarrollados en Estados Unidos (10), seguido por Reino Unido (5) y China, España e Italia con 4.

Tabla 3. Artículos por palabras clave

Palabras clave en inglés/español	Artículos
Neurodegenerative diseases (Enfermedades neurodegenerativas)	13
Schwann cells (Células de Schwann)	9
Oligodendrocytes (Oligodendrocitos)	29
Myelin (Mielina)	26
Axon (Axón)	4
Nervous system (Sistema nervioso)	13
Neurodegeneration (Neurodegeneración)	12
Axonal degeneration (Degeneración axonal)	4
Treatment (Tratamiento)	3

Nota: Relación de las palabras clave encontradas en los artículos seleccionados.

Tabla 5. Modelos experimentales

Modelo	Artículos
Rata	4
Ratón	21
Perro	1
Pez Cebra	2
Líneas celulares	3
Bacterias	1
Células madre	1
Tejido de cerebro y medula espinal humano	1

Nota: Modelos experimentales utilizados en las investigaciones

Tabla 4. Distribución

País	Artículos
Estados Unidos	10
Reino Unido	5
China	4
España	4
Italia	4
India	3
Francia	3
Japón	3
Alemania	3
Argentina	2
República de Corea	2
Canadá	2
México	1
Pakistán	1
Países Bajos	1
Rusia	1
Irán	1
Chile	1
Brasil	1
Bélgica	1
Australia	1

De acuerdo con, los datos obtenidos posterior a analizar los artículos, se utilizaron diversos modelos experimentales los cuales se enlistaron en la Tabla 5. A partir de aquí, se puede mencionar que los ratones fueron el modelo experimental más utilizado, seguido de las ratas y las líneas celulares.



Una síntesis de tratamientos utilizados y los resultados obtenidos, sobre la participación de las células gliales en las enfermedades neurodegenerativas puede consultarse en la Tabla 6, donde se puede observar que las células de Schwann fueron utilizadas principalmente como modelos de evaluación de técnicas para estudiar procesos que se desarrollan en el cerebro o probar técnicas de reparación axonal posterior a lesiones desmielinizantes.

Tabla 6. Características de los artículos revisados

	Célula glial	Enfermedad neuro-degenerativa	Metodología/ Tratamiento	Resultado
Domenico et al. (2019)	Astroцитos	Enfermedad de Parkinson (EP)	Cocultivos de astroцитos derivados de células madre pluripotentes inducidas (CMIPI) específicas y neuronas dopaminérgicas del mesencéfalo ventral (vmDANs), de pacientes sanos o con la mutante familiar LRRK2G2019S EP.	Sobre los astroцитos EP, las neuronas de control mostraron signos morfológicos de neurodegeneración y acumulación anormal de α-sinucleína derivada de astroцитos. Por el contrario, los astroцитos de control previnieron parcialmente la aparición de fenotipos relacionados con la enfermedad en neuronas con EP.
Lepore et al. (2008)	Astroцитos	Ecleriosis lateral amiotrófica (ELA)	Trasplante de precursores de astroцитos restringidos a la glía (GRP) alrededor de grupos de motoneuronas (MN) respiratorias de la médula espinal cervical (MEC), las principales células cuya disfunción precipita la muerte en la ELA.	Los GRP sobrevivieron en tejido enfermo, se diferenciaron eficientemente en astroцитos y redujeron la microglia en la MEC. Los GRP también extendieron la supervivencia y la duración de la enfermedad, atenuaron la pérdida de MN y disminuyeron la disminución de las funciones fisiológicas motoras y respiratorias de las extremidades anteriores.
Vargas et al. (2005)	Astroцитos	Ecleriosis lateral amiotrófica (ELA)	Trasplante de precursores de astroцитos restringidos a la glía (GRP) de rata o ratón de tipo salvaje.	Los GRP redujeron la Microglia. Mayor supervivencia y duración de la enfermedad. Funciones motoras mejoradas.
Takaku et al. (2021)	Células de Schwann (CS)	-----	Se evaluó la bioactividad de Ex-4 (100 nM) en células de Schwann de rata adulta inmortalizadas IFRS1 y en el sistema de cultivo conjunto de neurona del ganglio de la raíz dorsal (GRD) de rata adulta e IFRS1. Se evaluó la proliferación/supervivencia, migración de células mediante ensayo de herida por rasguño y mielinización <i>in vitro</i> .	Mejora significativa de la supervivencia/proliferación y la migración de las células IFRS1. Hallazgos que implican la eficacia potencial de Ex-4 hacia lesiones de los nervios periféricos.



<p>Llera et al. (2020)</p>	<p>Células de Schwann (CS)</p>	<p>Mediante el factor de crecimiento nervioso (NGF) se administró 0,2 ml de solución de NGF (20 µg mL⁻¹) libre más células inhibitorias farmacológicas a un modelo de lesión por apilamiento de nervio ción en ratas. Además, se realizó la evaluación de la capacidad para tragar e eliminar la mielina degenerada, en caso, por células de Schwann primarias (SC) y su línea celular, cultivadas en medio normal que contenga NGF.</p>	<p>El efecto del NGF en la promoción de la regeneración nerviosa temprana así estrechamente asociado con su aislamiento autólogo acelerado de las ramas de mielina en las CS. Estos resultados pueden servir como una poderosa terapia farmacológica para las lesiones de los nervios periféricos.</p>
<p>Shahidi et al. (2011)</p>	<p>Células de Schwann (CS)</p>	<p>Se realizó la evaluación de la capacidad de un hidrogel a base de gelatina, metacelulo de gelatina (GelMA) para lograr la biocompatibilidad, porosidad, estabilidad mecánica y degradabilidad necesarias para proporcionar una alta estabilidad celular para las neuronas y células de Schwann de los ganglios de la raíz dorsal (DRG), y para permitir su co-cultivo a largo plazo necesario para los estudios de mielinización.</p>	<p>El hidrogel GelMA promueve de la generación de neuronas y regulación de las funciones de las CS. Promueve la interacción a largo plazo de neuronas y CS, así como el mejoramiento de la mielinización. Para estructura se puede explorar más a fondo para modular la desmielinización en enfermedades neurodegenerativas así como para estudiar los efectos de varios compuestos en la regeneración de mielina.</p>
<p>Clark et al. (2017)</p>	<p>Células de Schwann (CS)</p>	<p>Cocultivo simultáneo utilizando neuronas sensoriales derivadas de células madre pluripotentes inducidas (CMPI) neuronas y células de Schwann de rodentes.</p>	<p>Este sistema de cocultivo, que acepta fácilmente la señalización neuronal necesaria para la mielinización, se puede utilizar para detectar fármacos que pueden promover o impedir la mielinización y para investigar la neuropatología de las neuronas inflamatorias.</p>
<p>Jacob et al. (2011)</p>	<p>Células de Schwann (CS)</p>	<p>Expresión de Hba1 y Hba2 (histonas desacetilasas) específicamente en las células de Schwann</p>	<p>Resulta en una pérdida masiva de células de Schwann y una anoxia viral de mielina en los nervios ciónes adultos. La expresión de Hba1 y Hba2, los principales reguladores transcripcionales de la mielinización de las células de Schwann, se redujo como resultado.</p>
<p>Vellarete et al. (2018)</p>	<p>Microglía Activada Esclerosis lateral amiotrófica (ELA)</p>	<p>Cocultivos de microglía primaria/neuronas espinales expuestas a lipopolisacárido (LPS) y activadas/neuronas espinales de ratones SOD1^{G93A} para evaluar el efecto de RNSD (un fármaco) en la degeneración selectiva de neuronas motoras. Se utilizó una dosis de 500 µl de RNSD.</p>	<p>RNSD protegió a las neuronas motoras. Retrasó el desarrollo neuromuscular. Previene la degeneración y el deterioro de las neuronas motoras espinales. Aumenta la glialia reactiva y las citoquinas antiinflamatorias. Protegió a las células de Schwann en los nervios ciónes. Redujo el daño oxidativo y aumentó la respuesta antioxidante.</p>



Migales et al. (2017)	Microglia Asociada	Ectenosis múltiple (EM)	Tratamiento con el factor de preimplantación (PIF) asociado por un virus vivo. La administración fue de forma continua (3,75 mg/kg e 1,5 mg/kg en PBS 100 µl diario) a partir del día 2 después de la infección con rME ²³⁹ (bacteria) hasta el final del experimento. Y de forma transiente (3,75 mg/kg en PBS 100 µl diario) comenzando al inicio de los síntomas y continuando hasta la remisión de los síntomas.	La administración continua a intermitente de PIF promovió directamente la serie infección a tiempo que redujo la patología en un modelo clínicamente relevante de EM, neuroinflamación. PIF promovió la expresión de transcriptomas de Na ⁺ /K ⁺ /Ca ²⁺ , glucosa y anticuerpos, el tiempo que redujo el estrés oxidativo y la degradación de proteínas. En el cultivo de astrocitos primarios, el PIF promovió la expresión de GFAP, clave para la síntesis de mielina, y en la microglia primaria aumentó la IL10 al tiempo que redujo la secreción de citoquinas de IFNγ.
Lembrici et al. (2019)	Microglia	Ectenosis múltiple (EM)	Se evaluaron los efectos de las vesículas extracelulares (VE) liberadas <i>in vitro</i> por la microglia proinflamatoria, sobre las células progenitoras de oligodendroitos (CPO), tanto <i>in vivo</i> en el modelo de desmielinización focal inducida por lactacina (1 µl al 2%), como <i>in vitro</i> en cultivos primarios de CPO. Para inducir rasgos pro-regenerativos, la microglia se expuso al agente patógeno clásico IL-4 o a células madre mesenquimales [CMM] inmunosupresoras.	Las VE producidas por la microglia inflamatoria condujeron al bloqueo de la diferenciación de CPO en células formadoras de mielina. Por el contrario, las VE liberadas de la microglia expuesta a las CMM promovieron el reclutamiento de CPO y la remielinización.
Biscaro et al. (2014)	Microglia	Enfermedad de Alzheimer (EA)	Tratamiento con minociclina (50 mg/kg, ip)	La minociclina redujo la activación (inmunoactividad) de la microglia en el cerebro. Normalizó los niveles aumentados en el hipocampo de las citoquinas proinflamatorias IL6 y TNF-α. Evitó la muerte de las neuronas recién nacidas sin afectar la proliferación celular.
Zhang et al. (2016)	Oligodendroitos	Ectenosis múltiple (EM)	Evaluación del efecto de ácido ursólico (AU) mediante un dosis de 25 mg/kg/AU en un modelo de desmielinización inducida por cupreína y lisofosfo diférica. AU como en la enfermedad autoinmune experimental (EAE) un modelo animal de EM.	AU promovió directamente la maduración de oligodendroitos y la separación de mielina del SNC. El tratamiento oral con AU redujo significativamente la gravedad de la enfermedad y la inflamación y desmielinización del SNC en la EAE. Por otro lado, AU indujo el factor neurotrófico promielínico en astrocitos.
L Zhang et al. (2016)	Oligodendroitos	Ectenosis múltiple (EM)	Se evaluó el efecto de Timocina beta4 (Tβ4) a una dosis de 30 mg/kg de peso corporal, en dos modelos animales de desmielinización. Modelo de desmielinización por cupreína y lisofosfo diférica en enfermedad autoinmune experimental (EAE) (EM) y modelo de desmielinización inducido por cupreína.	La Tβ4 aumentó la proliferación, diferenciación y maduración de las células progenitoras de oligodendroitos. Además, mejoró la función de las axonas recién mielinizadas por oligodendroitos maduros.



Ding et al. (2020)	Oligodendrocitos	Esclerosis múltiple (EM)	Evaluación del efecto del ácido valproico (AVP) en una dosis de 50 y 100 mg/kg de peso corporal, en un modelo de desmielinización inducida por lisofosfatidilcolina (LPC) 10 µg de LPC en 4 µl de solución salina estéril.	El AVP promovió la proliferación y diferenciación de OPC y aumentó la eficiencia de remielinización. Además, mejoró la supervivencia de las células precursoras de oligodendrocitos y promovió su diferenciación en oligodendrocitos después de la estimulación con lipopolisacáridos (LPS). Por otro lado, promovió la remielinización y la recuperación neurológica funcional después de la lesión desmielinizante.
Snaidero et al. (2020)	Oligodendrocitos	Esclerosis múltiple (EM)	Se evaluaron los procesos que desencadena la eliminación de un solo oligodendrocito en el patrón complejo de mielina en la materia gris, mediante la técnica de ablación con láser.	La ablación desencadenó la diferenciación de CPO en la corteza. Los oligodendrocitos recién madurados realizaron el reemplazamiento de la célula original homeostáticamente. Además, se presentó una restauración de dos tercios de las vainas de mielina original y remielinización de los axones del área circundante. Esta es una información crítica para desarrollar intervenciones terapéuticas eficientes, pero al mismo tiempo suficientemente precisas, para revertir la desmielinización en la EM.

DISCUSIÓN

Las funciones que las células gliales desempeñan y/o participan como, envoltura axonal, conectividad neuronal, función sináptica, regulación del metabolismo de los neurotransmisores, suministro de nutrientes y la eliminación de desechos. Les confieren, a estas estructuras, un papel sumamente importante para el bienestar del sistema nervioso, y por consiguiente del propio organismo. Además de la relación neurona-glía, importante para la homeostasis cerebral, existe otra relación entre las propias células gliales, lo anterior se ejemplifica en la interacción entre los astrocitos, oligodendrocitos y células de Schwann (CS). Esta interacción consiste en el papel de la presencia de astrocitos en el medio. Ya que la remielinización por oligodendrocitos ocurre en regiones donde están presentes los astrocitos, mientras que la remielinización por células de Schwann ocurre ante la ausencia de estos. La hormona testosterona, puede participar en este proceso ya que se ha documentado tiene la capacidad de reclutar eficientemente astrocitos en una lesión desmielinizada (Bielecki et al., 2016).

La propiedad principal que se le ha atribuido a la mielina es la protección, sin embargo, se sugiere que esta podría apoyar a la plasticidad del circuito y por lo tanto, contribuir a funciones cerebrales superiores, como el aprendizaje y la memoria. Por ejemplo, los cambios estructurales en la materia blanca se han asociado con el aprendizaje de tareas en el cerebro adulto y estos procesos requieren de la mielinización, así como la proliferación y diferenciación de las células precursoras de oligodendrocitos (CPO).

La mielina es producida por los oligodendrocitos en el sistema nervioso central, mientras que las CS realizan esta función en el sistema nervioso periférico. Sin embargo, estas funciones no son estrictas de la ubicación, ya que se ha documentado, que las CS pueden mielinizar en el SNC siempre y cuando la presencia de astrocitos sea deficiente (Woodruff y Franklin, 1999). Este proceso puede estar mediado por la infiltración de CS. Ante lesiones severamente desmielinizadas, que son parcialmente necróticas, se puede inhibir la astrogliosis y la falta de cicatrización astrocítica puede estimular la infiltración de células de Schwann (Kuhn et al., 2019). Por otro lado, estas células mielinizantes no son las únicas que intervienen en la remielinización, tanto los astrocitos como las células microgliales permanecen activas durante el proceso de reparación de la mielina, cuando pueden ser de apoyo, sin embargo, en una etapa más avanzada estas disminuyen.

Son notorios los aspectos positivos de las células gliales, sin embargo, pueden participar de forma negativa en el sistema nervioso. Por ejemplo, los oligodendrocitos pueden ser perjudiciales debido al consumo energético durante la formación de la mielina y al alto recambio metabólico asociado, estos son vulnerables a factores citotóxicos y excitotóxicos. Por lo tanto, la patología de los oligodendrocitos es evidente en una gama de trastornos que incluyen la esquizofrenia y la enfermedad de Alzheimer (Kuhn et al., 2019). Además, la disfunción de CPO, que culmina en la falta de diferenciación de estos, contribuye en la progresión de trastornos neurodegenerativos como la Esclerosis múltiple (Spaas et al., 2021).

En un panorama similar los astrocitos y microglías se encargan de producir una variedad de citocinas y quimiocinas, y moléculas de adhesión que modulan los eventos inflamatorios en el sistema nervioso central. Además, a través de una respuesta reactiva creciente, representan el principal sistema defensivo, no obstante, su funcionamiento inadecuado (astrocitos y microglías reactivos)



favorece la muerte neuronal o al proceso de alteraciones neuronales, como por ejemplo Esclerosis múltiple y Enfermedad de Alzheimer (Ding et al., 2021). El sistema nervioso es particularmente sensible al daño oxidativo. Paradójicamente las neuronas, las células con una mayor tasa oxidativa, presentan una menor protección contra el estrés oxidativo. Son los astrocitos los que cubren ese déficit. En estudios in vitro, cultivos de astrocitos muestran una mayor resistencia a agentes oxidantes que los cultivos de neuronas. Además, en cultivos mixtos de ambos tipos celulares, los astrocitos también protegen a las neuronas vecinas (Bélanger et al., 2011). Debido al éxito clínico actual de los tratamientos inmunomoduladores en la Esclerosis múltiple, el desarrollo de opciones de tratamiento neuroprotector y glioprotector ha recibido una mayor atención. Dentro de los pocos procesos de reparación espontáneos en el sistema nervioso se ha considerado a la remielinización, ya que proporciona, hasta cierto punto, una reconstitución de la mielina, sin embargo, sigue siendo ineficaz. La migración, supervivencia, proliferación y diferenciación se han reconocido como procesos clave para la regeneración exitosa de la mielina. Esta remielinización se ha intentado desde distintos panoramas.

Takaku et al. (2021) investigaron las acciones neuroprotectoras de Exendin-4 (Ex-4) en células de Schwann de rata adulta inmortalizadas IFRS1, una línea celular a partir de cultivos a largo plazo de ganglios de la raíz dorsal (GRD) y nervios periféricos de ratas Fischer 344 adultas, y en el sistema de cultivo conjunto de neuronas del GRD (ganglio de la raíz dorsal) de rata adulta e IFRS1. Los autores señalan que el tratamiento con Ex-4 100 nM mejoró significativamente la supervivencia/proliferación, la migración de las células IFRS1, así como estimuló el movimiento de las células IFRS1 hacia las neuritas que emergen de los cuerpos celulares de las neuronas DRG en el cocultivo con la regulación positiva de la proteína de mielina 22 y la proteína de mielina cero. Por lo tanto, Ex-4 puede acelerar el proceso de mielinización y respalda los estudios previos que abordan la regeneración axonal inducida por Ex-4 y la remielinización.

Navarro et al. (2018) investigaron el patrón de expresión de La apolipoproteína D (Apo D), la cual es necesaria para la compactación de la mielina y participa en los procesos de regeneración/remielinización del axón, en lesiones de Esclerosis múltiple. Incluyendo placas desmielinizantes activas e inactivas, y también las remielinizantes. En este estudio usaron tejidos de cerebro

humano con desmielinización inflamatoria compatible con EM para cuantificar la inmunoseñal de Apo D. Los resultados muestran una disminución de la expresión de Apo D en todas las placas, aunque fue menor en las áreas inactivas que en las activas, pero se recupera en las placas de remielinización. Todos estos datos parecen indicar un papel importante de la Apo D como una molécula con potencial neuroprotector, y puede servir como un buen punto de partida para su estudio en la EM.

Vallarola et al. (2018) evaluaron el efecto de RNS60 (un fármaco), utilizando una dosis de 300 μ l, en modelos in vitro e in vivo de Esclerosis lateral amiotrófica (ELA). En el estudio se usaron cocultivos de microglía primaria/neuronas espinales expuestas a lipopolisacáridos (LPS) y astrocitos/neuronas espinales de ratones SOD1^{G93A} para examinar el efecto de RNS60 o solución salina normal (SN) en la degeneración selectiva de motoneuronas (MN). El fármaco protegió las MN en paradigmas in vitro y ralentizó la progresión de la enfermedad de los ratones C57BL/6-SOD1^{G93A} a través de una protección significativa de las MN espinales y las uniones neuromusculares. RNS60 demostró una eficacia terapéutica significativa en virtud de sus efectos sobre múltiples mecanismos de enfermedades en MN, CG y células inmunitarias periféricas. Estos hallazgos, junto con el excelente perfil de seguridad clínica, hacen de RNS60 un candidato prometedor para la terapia de la ELA.

(Xia et al., 2020) examinaron el efecto de los estímulos mecánicos (MS) en la comunicación intercelular mediada por vesículas extracelulares (VE) entre neuronas y células de Schwann (CS), con la finalidad de explorar su efecto en la regeneración axonal e investigar el mecanismo subyacente. Para ello, los autores establecieron un sistema efectivo de estimulación mecánica inducida por fuerza magnética (MS, por sus siglas en inglés) de CS (MS-CS). Aquí examinaron in vitro e in vivo el efecto de las VE derivados de MS-CS (MS-CS-VE) sobre el crecimiento axonal y la regeneración nerviosa se y se comparó con el de las VE derivadas de CS no estimulados (CS-VE). Además, mediante secuenciación de próxima generación para identificar los perfiles diferenciales identificaron que miR-23b-3p, se alteró significativamente en los MS-SC-EV. miR-23b-3p mejoró el crecimiento de neuritas in vitro y la regeneración nerviosa in vivo dirigiéndose a la neuropilina 1 (Nrp1) en las neuronas. A partir de estos datos los autores concluyeron que, los MS son capaces de modular la comunicación intercelular entre las neuronas y las CS al alterar la composición de miRNA en MS-CS-EV, destacando su valor terapéutico potencial en la reparación de lesiones nerviosas periféricas.



La evidencia emergente sugiere que las CPO tienen una capacidad inmunomoduladora. Expresan receptores de citoquinas y evalúan su microambiente a través de la extensión de filopodios. En respuesta a las señales inflamatorias, pueden migrar a los sitios de lesión, de manera similar a la microglía. Tras la exposición a IFN γ , las CPO presentan antígeno cruzado a células T CD8 + citotóxicas in vitro e in vivo, lo que lleva a su muerte citotóxica. Este fenotipo CPO proinflamatorio recientemente descubierto promueve el daño tisular y bloquea la remielinización (Kuhn et al., 2019).

La mielinización ocurre de forma normal en personas sanas, no obstante, esta puede fallar en varias patologías de desmielinización o como consecuencia del envejecimiento, después de una infección vírica, por causas genéticas, entre otras. Por lo tanto, la intervención farmacológica que promueva la remielinización del SNC podría tener un gran impacto en la vida de los pacientes al retrasar o incluso prevenir la neurodegeneración. Recientemente se han identificado fármacos como el Interferón gamma (IFN- γ), Interferón β , acetato de glatiramer, fingolimod y natalizumab, que promueven la remielinización del SNC en modelos animales (principalmente en ratas y ratones). Aunque ninguno de ellos ha llegado todavía a la fase clínica (Balestri et al., 2021).

Existe evidencia de que el daño oxidativo por radicales libres ocurre como parte del proceso patogénico en las enfermedades neurodegenerativas, sería un gran interés en probar tratamientos antioxidantes para analizar sus efectos en las enfermedades neurodegenerativas. Algunos antioxidantes propuestos son las vitaminas C y E, la selegilina, el selenio, la metionina, la acetilcisteína y los curcuminoides (Sies y Stahl, 1995; Duarte-Jurado et al., 2021; Silvestro et al., 2021).

El reciente descubrimiento de la tecnología de CMPi ha abierto la posibilidad de abordar la biología de las células oligodendrogiales humanas tanto en la placa como in vivo a través del injerto en modelos animales, y allana el camino para el desarrollo de tratamientos para los trastornos de la mielina (Mozafari y Baron-Van Evercooren, 2021). Clark et al. (2017) desarrollaron un sistema de cocultivo mielinizante mediante neuronas sensoriales procedentes de CMPi humanas y CS de roedores, que repite fielmente la señalización axoglial necesaria para la mielinización. Por lo tanto, podría tener aplicaciones como modelos de prueba.

Se han obtenido resultados prometedores del trasplante de células como terapia regenerativa. Lepore et al. (2008) realizaron el trasplante de precursores de astrocitos restringidos a la glía (GRP) alrededor de grupos de motoneuronas (MN) respiratorias de la médula espinal cervical (MEC), las principales células cuya disfunción precipita la muerte en la ELA. Los autores concluyeron que los GRP sobrevivieron en tejido enfermo, se diferenciaron eficientemente en astrocitos y redujeron la microgliosis en la MEC. Los GRP también extendieron la supervivencia y la duración de la enfermedad, atenuaron la pérdida de MN y disminuyeron la disminución de las funciones fisiológicas motoras y respiratorias de las extremidades anteriores. Estos datos ofrecen una estrategia óptima para lograr un reemplazo fenotípico específico.

Se debe considerar que las futuras terapias deben ofrecer tratamientos integrales o combinados para las enfermedades neurodegenerativas donde se busque la reparación de neuronas y de células gliales. Es necesario realizar más investigaciones para probar tratamientos farmacológicos o tratamientos alternativos contra las enfermedades neurodegenerativas y así disminuir el índice de mortalidad en los sujetos que las padecen. Es importante apoyar este tipo de investigaciones por el impacto social que generan las enfermedades neurodegenerativas a nivel mundial.

CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática compila la información de investigaciones sobre las células gliales, con especial énfasis en astrocitos, microglía, oligodendrocitos y células de Schwann (CS) debido a su papel activo en las enfermedades neurodegenerativas como, la enfermedad de Alzheimer, Esclerosis múltiple, Esclerosis Lateral Amiotrófica y Enfermedad de Parkinson. Así como las terapias probadas en la regeneración y/o protección del sistema nervioso.

Los estudios analizados en este trabajo fueron abundantes en la participación de los astrocitos, oligodendrocitos, microglía, en las enfermedades neurodegenerativas, por los que, es importante realizar más estudios que no solo aumenten el conocimiento actual sobre estas células, sino que también amplíen el papel de células poco estudiadas como células satélites y endimarias.



Dado el papel de las células de Schwann y los oligodendrocitos en la remielinización, estas células son una diana terapéutica ideal para futuras estrategias clínicas. Sin embargo, se requiere más información si se quiere aprovechar al máximo el poder de las terapias. Cuando son cocultivadas in vitro con neuronas repiten fielmente los procesos de la mielinización, dando origen así, a modelos que sirvan para detectar fármacos que pueden promover o impedir la mielinización y para investigar la inmunopatología de las neuropatías inflamatorias, como la Esclerosis múltiple y la Enfermedad de Alzheimer. Debido a esta capacidad de “reproducir” los eventos que suceden en el sistema se han utilizado mayormente para evaluar, que en estudios utilizándolas como elemento principal de reparación.

Se documentó el papel importante de las células gliales en la enfermedad de Parkinson y la Esclerosis lateral amiotrófica (ELA), lo que propone posibles dianas terapéuticas. Algunas de estas terapias ya se están aplicando en humanos, proporcionando de resultados prometedores que abren el camino para su utilización en tratamientos.

Las terapias descritas en la presente revisión proponen un panorama amplio y prometedor en la neuroprotección del sistema nervioso contra las enfermedades neurodegenerativas. Los estudios in vitro e in vivo de las células gliales contribuyen al conocimiento de las interacciones establecidas entre los astrocitos, microglía y oligodendrocitos con las células neuronales y el mantenimiento del homeostasis cerebral. El conocimiento de los mecanismos de regulación de la activación de las células gliales, así moléculas expresadas que modulan los eventos inflamatorios en el sistema nervioso central, pueden contribuir a encontrar estrategias terapéuticas en tratamientos regenerativos específicos para las enfermedades desmielinizantes.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Ampudia, Y., Monsalve, D. M., & Ramírez-Santana, C. (2019). Identifying the culprits in neurological autoimmune diseases. *Journal of Translational Autoimmunity*, 2, 100015. <https://doi.org/10.1016/j.jtauto.2019.100015>
- Acs, P., Kipp, M., Norkute, A., Johann, S., Clarner, T., Braun, A., Berente, Z., Komoly, S., & Beyer, C. (2009). 17beta-estradiol and progesterone prevent cuprizone provoked demyelination of corpus callosum in male mice. *Glia*, 57(8), 807-814. <https://doi.org/10.1002/glia.20806>
- Águila Gil, B., Verdecia Navarro, F., & Cué Brugueras, M. (1999). Estriol y sus derivados: Comportamiento de la tecnología en el mundo. *Revista Cubana de Farmacia*, 33(3), 195-200.
- Amit, M., Carpenter, M. K., Inokuma, M. S., Chiu, C. P., Harris, C. P., Waknitz, M. A., Itskovitz-Eldor, J., & Thomson, J. A. (2000). Clonally derived human embryonic stem cell lines maintain pluripotency and proliferative potential for prolonged periods of culture. *Developmental Biology*, 227(2), 271-278. <https://doi.org/10.1006/dbio.2000.9912>
- Arango V, S. S. (2012). Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(1), 75-82.
- Araque, A., & Navarrete, M. (2010). Glial cells in neuronal network function. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1551), 2375-2381. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0313>
- Arbo, B. D., Benetti, F., & Ribeiro, M. F. (2016). Astrocytes as a target for neuroprotection: Modulation by progesterone and dehydroepiandrosterone. *Progress in Neurobiology*, 144, 27-47. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2016.03.010>
- Asadian, M., Chan, K. V., Norouzi, M., Grande, S., Cools, P., Morent, R., & De Geyter, N. (2020). Fabrication and Plasma Modification of Nanofibrous Tissue Engineering Scaffolds. *Nanomaterials*, 10(1), 119. <https://doi.org/10.3390/nano10010119>
- Atlas Digital de Histología. (2013). <http://www.facmed.unam.mx/deptos/biocetis/atlas2013A/index.html>
- Ayrignac, X., Maleska-Maceski, A., Duflos, C., Carra-Dallière, C., Charif, M., Catteau, C., Ginestet, N., Prin, P., Corti, L., Pinna, F., Menjot De Champfleury, N., Le Bars, E., Hirtz, C., Lehmann, S., & Labauge, P. (2019). La GFAP sérique est-elle un biomarqueur d'intérêt dans la SEP *Revue Neurologique*, 175, S83. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2019.01.233>
- Balestri, S., Del Giovane, A., Sposato, C., Ferrarelli, M., & Ragnini-Wilson, A. (2021). The Current Challenges for Drug Discovery in CNS Remyelination. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 2891. <https://doi.org/10.3390/ijms22062891>
- Bielecki, B., Mattern, C., Ghomari, A. M., Javaid, S., Smietanka, K., Abi Ghanem, C., Mhaouty-Kodja, S., Ghandour, M. S., Baulieu, E.-E., Franklin, R. J. M., Schumacher, M., & Traiffort, E. (2016). Unexpected central role of the androgen receptor in the spontaneous regeneration of myelin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(51), 14829-14834. <https://doi.org/10.1073/pnas.1614826113>
- Biscaro, B., Lindvall, O., Tesco, G., Ekdahl, C. T., & Nitsch, R. M. (2012). Inhibition of Microglial Activation Protects Hippocampal Neurogenesis and Improves Cognitive Deficits in a Transgenic Mouse Model for Alzheimer's Disease. *Neurodegenerative Diseases*, 9(4), 187-198. <https://doi.org/10.1159/000330363>
- Bouçanova, F., & Chrast, R. (2020). Metabolic Interaction Between Schwann Cells and Axons Under Physiological and Disease Conditions. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 14. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fncel.2020.00148>



- Bradl, M., & Lassmann, H. (2010). Oligodendrocytes: Biology and pathology. *Acta Neuropathologica*, 119(1), 37-53. <https://doi.org/10.1007/s00401-009-0601-5>
- Buckenmeyer, M. J., Meder, T. J., Prest, T. A., & Brown, B. N. (2020). Decellularization techniques and their applications for the repair and regeneration of the nervous system. *Methods*, 171, 41-61. <https://doi.org/10.1016/j.jymeth.2019.07.023>
- Butt, A. M., De La Rocha, I. C., & Rivera, A. (2019). Oligodendroglial Cells in Alzheimer's Disease. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1175, 325-333. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9913-8_12
- Butt, A. M., Papanikolaou, M., & Rivera, A. (2019). Physiology of Oligodendroglia. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1175, 117-128. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9913-8_5
- Calderó, J., Brunet, N., Ciutat, D., Hereu, M., & Esquerda, J. E. (2009). Development of microglia in the chick embryo spinal cord: Implications in the regulation of motoneuronal survival and death. *Journal of Neuroscience Research*, 87(11), 2447-2466. <https://doi.org/10.1002/jnr.22084>
- Carretero Ares, J. L., Bowakim Dib, W., & Acebes Rey, J. M. (2001). Actualización: Esclerosis múltiple. *Medifam*, 11(9). <https://doi.org/10.4321/S1131-57682001000900002>
- Carriel, V., Alaminos, M., Garzón, I., Campos, A., & Cornelissen, M. (2014). Tissue engineering of the peripheral nervous system. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 14(3), 301-318. <https://doi.org/10.1586/14737175.2014.887444>
- Chen, C., Ai, Q., & Wei, Y. (2021). Potential role of hydroxytyrosol in neuroprotection. *Journal of Functional Foods*, 82, 104506. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104506>
- Chernoff, E. A. G., Sato, K., Salfity, H. V. N., Sarria, D. A., & Belecky-Adams, T. (2018). Musashi and Plasticity of Xenopus and Axolotl Spinal Cord Ependymal Cells. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 12, 45. <https://doi.org/10.3389/fncel.2018.00045>
- Ciervo, Y., Ning, K., Jun, X., Shaw, P. J., & Mead, R. J. (2017). Advances, challenges and future directions for stem cell therapy in amyotrophic lateral sclerosis. *Molecular Neurodegeneration*, 12(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s13024-017-0227-3>
- Clark, A. J., Kaller, M. S., Galino, J., Willison, H. J., Rinaldi, S., & Bennett, D. L. H. (2017). Co-cultures with stem cell-derived human sensory neurons reveal regulators of peripheral myelination. *Brain*, 140(4), 898-913. <https://doi.org/10.1093/brain/awx012>
- Conde, C., Escribano, B. M., Luque, E., Aguilar-Luque, M., Feijóo, M., Ochoa, J. J., LaTorre, M., Giraldo, A. I., Lillo, R., Agüera, E., Santamaría, A., & Túnez, I. (2020). The protective effect of extra-virgin olive oil in the experimental model of multiple sclerosis in the rat. *Nutritional Neuroscience*, 23(1), 37-48. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2018.1469281>
- Connolly, N. M. C., Theurey, P., Adam-Vizi, V., Bazan, N. G., Bernardi, P., Bolaños, J. P., Culmsee, C., Dawson, V. L., Deshmukh, M., Duchen, M. R., Düssmann, H., Fiskum, G., Galindo, M. F., Hardingham, G. E., Hardwick, J. M., Jekabsons, M. B., Jonas, E. A., Jordán, J., Lipton, S. A., ... Prehn, J. H. M. (2018). Guidelines on experimental methods to assess mitochondrial dysfunction in cellular models of neurodegenerative diseases. *Cell Death and Differentiation*, 25(3), 542-572. <https://doi.org/10.1038/s41418-017-0020-4>
- Corty, M. M., & Freeman, M. R. (2013). Architects in neural circuit design: Glia control neuron numbers and connectivity. *The Journal of Cell Biology*, 203(3), 395-405. <https://doi.org/10.1083/jcb.201306099>
- Costa Gomes, T. S. (2005). Sistema nervioso autónomo. Hospital Mar-Esperanza-Barcelona. http://www.scartd.org/arxius/fisio_sna05.pdf

- Ding, L., Zhou, J., Ye, L., Sun, Y., Jiang, Z., Gan, D., Xu, L., Luo, Q., & Wang, G. (2020). PPAR- γ Is Critical for HDAC3-Mediated Control of Oligodendrocyte Progenitor Cell Proliferation and Differentiation after Focal Demyelination. *Molecular Neurobiology*, 57(11), 4810-4824. <https://doi.org/10.1007/s12035-020-02060-8>
- Domenico, A. di, Carola, G., Calatayud, C., Pons-Espinal, M., Muñoz, J. P., Richaud-Patin, Y., Fernandez-Carasa, I., Gut, M., Faella, A., Parameswaran, J., Soriano, J., Ferrer, I., Tolosa, E., Zorzano, A., Cuervo, A. M., Raya, A., & Consiglio, A. (2019). Patient-Specific iPSC-Derived Astrocytes Contribute to Non-Cell-Autonomous Neurodegeneration in Parkinson's Disease. *Stem Cell Reports*, 12(2), 213-229. <https://doi.org/10.1016/j.stemcr.2018.12.011>
- Domínguez Moreno, R., Morales Esponda, M., Rossiere Echazarreta, N. L., Olan Triano, R., & Gutiérrez Morales, J. L. (2012). Esclerosis múltiple: Revisión de la literatura médica. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 55(5), 26-35.
- Duarte-Jurado, A. P., Gopar-Cuevas, Y., Saucedo-Cardenas, O., Loera-Arias, M. de J., Montes-de-Oca-Luna, R., Garcia-Garcia, A., & Rodriguez-Rocha, H. (2021). Antioxidant Therapeutics in Parkinson's Disease: Current Challenges and Opportunities. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(3), 453. <https://doi.org/10.3390/antiox10030453>
- Dugger, B. N., & Dickson, D. W. (2017). Pathology of Neurodegenerative Diseases. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 9(7). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a028035>
- Enos, N., Takenaka, H., Scott, S., Salfity, H. V. N., Kirk, M., Egar, M. W., Sarria, D. A., Slayback-Barry, D., Belecky-Adams, T., & Chernoff, E. A. G. (2019). Meningeal Foam Cells and Ependymal Cells in Axolotl Spinal Cord Regeneration. *Frontiers in Immunology*, 10, 2558. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02558>
- Eriksson, P. S., Perfilieva, E., Björk-Eriksson, T., Alborn, A.-M., Nordborg, C., Peterson, D. A., & Gage, F. H. (1998). Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, 4(11), 1313-1317. <https://doi.org/10.1038/3305>
- Fallon, M., & Tadi, P. (2022). Histology, Schwann Cells. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK544316/>
- Feltri, M. L., Poitelon, Y., & Previtali, S. C. (2016). How Schwann Cells Sort Axons: New Concepts. *The Neuroscientist: A Review Journal Bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 22(3), 252-265. <https://doi.org/10.1177/1073858415572361>
- Fernández-Lerones, M. J., & de la Fuente-Rodríguez, A. (2010). Esclerosis lateral amiotrófica: Un diagnóstico incierto. *Medicina de Familia. SEMERGEN*, 36(8), 466-470. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2010.03.006>
- Fields, R. D., & Stevens-Graham, B. (2002). New Insights into Neuron-Glia Communication. *Science (New York, N.Y.)*, 298(5593), 556-562. <https://doi.org/10.1126/science.298.5593.556>
- Fletcher, J. M., Lalor, S. J., Sweeney, C. M., Tubridy, N., & Mills, K. H. G. (2010). T cells in multiple sclerosis and experimental autoimmune encephalomyelitis. *Clinical and Experimental Immunology*, 162(1), 1-11. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2249.2010.04143.x>
- Freeman, M. R. (2015). *Drosophila Central Nervous System Glia*. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 7(11), a020552. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a020552>
- García, O., & Massieu, L. (2004). Interacción entre las células gliales y neuronales y su papel en la muerte y sobrevivencia neuronal. *Archivos de neurociencias (México, D.F.)*, 9(1), 39-46.
- García-Segura, L. M., & Balthazart, J. (2009). Steroids and neuroprotection: New advances. *Frontiers in neuroendocrinology*, 30(2), v-ix. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2009.04.006>
- Geary, N. (2001). Estradiol, CCK and satiation. *Peptides*, 22(8), 1251-1263. [https://doi.org/10.1016/S0196-9781\(01\)00449-1](https://doi.org/10.1016/S0196-9781(01)00449-1)



- Ghoumari, A. M., Abi Ghanem, C., Asbelaoui, N., Schumacher, M., & Hussain, R. (2020). Roles of Progesterone, Testosterone and Their Nuclear Receptors in Central Nervous System Myelination and Remyelination. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(9), 3163. <https://doi.org/10.3390/ijms21093163>
- Gilbert, T. W., Sellaro, T. L., & Badylak, S. F. (2006). Decellularization of tissues and organs. *Biomaterials*, 27(19), 3675-3683. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.02.014>
- Gontika, M. P., & Anagnostouli, M. C. (2018). Anti-Myelin Oligodendrocyte Glycoprotein and Human Leukocyte Antigens as Markers in Pediatric and Adolescent Multiple Sclerosis: On Diagnosis, Clinical Phenotypes, and Therapeutic Responses. *Multiple Sclerosis International*, 2018, e8487471. <https://doi.org/10.1155/2018/8487471>
- González, S. L., Coronel, M. F., Raggio, M. C., & Labombarda, F. (2020). Progesterone receptor-mediated actions and the treatment of central nervous system disorders: An up-date of the known and the challenge of the unknown. *Steroids*, 153, 108525. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2019.108525>
- González-Torres, L. C., & Armendáriz-Borunda, J. (2005). Aspectos inmunológicos en la enfermedad de Parkinson. *10*(3), 7.
- Griffiths, I., Klugmann, M., Anderson, T., Yool, D., Thomson, C., Schwab, M. H., Schneider, A., Zimmermann, F., McCulloch, M., Nadon, N., & Nave, K. A. (1998). Axonal swellings and degeneration in mice lacking the major proteolipid of myelin. *Science (New York, N.Y.)*, 280(5369), 1610-1613. <https://doi.org/10.1126/science.280.5369.1610>
- Grossi, C., Rigacci, S., Ambrosini, S., Ed Dami, T., Luccarini, I., Traini, C., Failli, P., Berti, A., Casamenti, F., & Stefani, M. (2013). The polyphenol oleuropein aglycone protects TgCRND8 mice against Aβ plaque pathology. *PLoS One*, 8(8), e71702. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071702>
- Guerrero-García, J. J. (2020). Participación de los astrocitos en la patogénesis de la esclerosis múltiple. *Neurología*, 35(6), 400-408. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2017.07.021>
- Guo, S.-Z., Ren, X.-J., Wu, B., & Jiang, T. (2010). Preparation of the acellular scaffold of the spinal cord and the study of biocompatibility. *Spinal Cord*, 48(7), 576-581. <https://doi.org/10.1038/sc.2009.170>
- Haghighi, S., Lekman, A., Nilsson, S., Blomqvist, M., & Andersen, O. (2012). Myelin glycosphingolipid immunoreactivity and CSF levels in multiple sclerosis. *Acta Neurologica Scandinavica*, 125(1), 64-70. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0404.2011.01554.x>
- Haidet-Phillips, A. M., Hester, M. E., Miranda, C. J., Meyer, K., Braun, L., Frakes, A., Song, S., Likhite, S., Murtha, M. J., Foust, K. D., Rao, M., Eagle, A., Kammesheidt, A., Christensen, A., Mendell, J. R., Burghes, A. H. M., & Kaspar, B. K. (2011). Astrocytes from familial and sporadic ALS patients are toxic to motor neurons. *Nature Biotechnology*, 29(9), 824-828. <https://doi.org/10.1038/nbt.1957>
- Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2011). *Tratado de fisiología médica* (12.a ed.). Elsevier.
- Halmer, R., Walter, S., & Faßbender, K. (2014). Sphingolipids: Important Players in Multiple Sclerosis. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 34(1), 111-118. <https://doi.org/10.1159/000362988>
- Hanani, M. (2010). Satellite glial cells in sympathetic and parasympathetic ganglia: In search of function. *Brain Research Reviews*, 64(2), 304-327. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2010.04.009>
- Hanani, M., & Spray, D. C. (2020). Emerging importance of satellite glia in nervous system function and dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience*, 21(9), 485-498. <https://doi.org/10.1038/s41583-020-0333-z>
- Hernández-Cervantes, R., Sánchez-Acosta, A. G., Ramírez-Nieto, R., & Morales-Montor, J. (2010). Regulación neuroendocrinológica de la función inmunitaria: El papel de la hipófisis y los esteroides sexuales. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 13(2), 103-112.
- Hiller-Sturmhöfel, S., & Bartke, A. (1998). The Endocrine System. *Alcohol Health and Research World*, 22(3), 153-164.
- Huang, A. H.-C., Snyder, B. R., Cheng, P.-H., & Chan, A. W. S. (2008). Putative Dental Pulp-Derived Stem/Stromal Cells Promote Proliferation and Differentiation of Endogenous Neural Cells in the Hippocampus of Mice. *Stem Cells (Dayton, Ohio)*, 26(10), 2654-2663. <https://doi.org/10.1634/stemcells.2008-0285>
- Hurtado, F., Cardenas, M. A. N., Cardenas, F., & León, L. A. (2017). La Enfermedad de Parkinson: Etiología, Tratamientos y Factores Preventivos. *Universitas Psychologica*, 15(5). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy15-5.epet>



- Hussain, R., El-Etr, M., Gaci, O., Rakotomamonjy, J., Macklin, W. B., Kumar, N., Sitruk-Ware, R., Schumacher, M., & Ghomari, A. M. (2011). Progesterone and Nestorone Facilitate Axon Remyelination: A Role for Progesterone Receptors. *Endocrinology*, 152(10), 3820-3831. <https://doi.org/10.1210/en.2011-1219>
- Hussain, R., Ghomari, A. M., Bielecki, B., Steibel, J., Boehm, N., Liere, P., Macklin, W. B., Kumar, N., Habert, R., Mhaouty-Kodja, S., Tronche, F., Sitruk-Ware, R., Schumacher, M., & Ghandour, M. S. (2013). The neural androgen receptor: A therapeutic target for myelin repair in chronic demyelination. *Brain*, 136(1), 132-146. <https://doi.org/10.1093/brain/aws284>
- Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado [ISSSTE]. (2017, junio 21). Día Mundial contra la Esclerosis Lateral Amiotrófica. [gob.mx. http://www.gob.mx/issste/articulos/dia-mundial-contra-la-esclerosis-lateral-amiotrofica](http://www.gob.mx/issste/articulos/dia-mundial-contra-la-esclerosis-lateral-amiotrofica)
- Instituto Mexicano del Seguro Social [IMSS]. (2017, mayo). Esclerosis múltiple, enfermedad discapacitante en adultos jóvenes. Acercando el IMSS al Ciudadano. <http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/201705/150>
- Instituto Mexicano del Seguro Social [IMSS]. (s.f). Enfermedad de Alzheimer. <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/enfermedad-alzheimer>
- Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores [INAPAM]. (2019, abril 11). Parkinson, segunda enfermedad neurodegenerativa más frecuente en personas mayores de 50 años. [gob.mx. http://www.gob.mx/inapam/es/articulos/parkinson-segunda-enfermedad-neurodegenerativa-mas-frecuente-en-personas-mayores-de-50-anos?idiom=es](http://www.gob.mx/inapam/es/articulos/parkinson-segunda-enfermedad-neurodegenerativa-mas-frecuente-en-personas-mayores-de-50-anos?idiom=es)
- Jacob, C., Christen, C. N., Pereira, J. A., Somandin, C., Baggiolini, A., Lötscher, P., Özçelik, M., Tricaud, N., Meijer, D., Yamaguchi, T., Matthias, P., & Suter, U. (2011). HDAC1 and HDAC2 control the transcriptional program of myelination and the survival of Schwann cells. *Nature Neuroscience*, 14(4), 429-436. <https://doi.org/10.1038/nn.2762>
- Jessen, K. R. (2004). Glial cells. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 36(10), 1861-1867. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2004.02.023>
- Jessen, K. R., & Arthur-Farraj, P. (2019). Repair Schwann cell update: Adaptive reprogramming, EMT, and stemness in regenerating nerves. *Glia*, 67(3), 421-437. <https://doi.org/10.1002/glia.23532>
- Jessen, K. R., & Mirsky, R. (2008). Negative regulation of myelination: Relevance for development, injury, and demyelinating disease. *Glia*, 56(14), 1552-1565. <https://doi.org/10.1002/glia.20761>
- Jessen, K. R., Mirsky, R., & Lloyd, A. C. (2015). Schwann Cells: Development and Role in Nerve Repair. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(7), a020487. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a020487>
- Jiménez, A. J., Domínguez-Pinos, M.-D., Guerra, M. M., Fernández-Llebrez, P., & Pérez-Figares, J.-M. (2014). Structure and function of the ependymal barrier and diseases associated with ependyma disruption. *Tissue Barriers*, 2, e28426. <https://doi.org/10.4161/tisb.28426>
- Jordán, J. (2003). Avances en el tratamiento de las enfermedades neurodegenerativas. *Offarm*, 22(3), 102-114.
- Julien, J.-P. (2007). ALS: Astrocytes move in as deadly neighbors. *Nature Neuroscience*, 10(5), 535-537. <https://doi.org/10.1038/nn0507-535>
- Katsavos, S., & Anagnostouli, M. (2013). Biomarkers in Multiple Sclerosis: An Up-to-Date Overview. *Multiple Sclerosis International*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/340508>
- Kaur, D., Sharma, V., & Deshmukh, R. (2019). Activation of microglia and astrocytes: A roadway to neuroinflammation and Alzheimer's disease. *Inflammopharmacology*, 27(4), 663-677. <https://doi.org/10.1007/s10787-019-00580-x>
- Keane, T. J., Swinehart, I. T., & Badylak, S. F. (2015). Methods of tissue decellularization used for preparation of biologic scaffolds and in vivo relevance. *Methods*, 84, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2015.03.005>



- Kim, T., Song, B., & Lee, I.-S. (2020). *Drosophila* Glia: Models for Human Neurodevelopmental and Neurodegenerative Disorders. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(14). <https://doi.org/10.3390/ijms21144859>
- Krampera, M., Marconi, S., Pasini, A., Galiè, M., Rigotti, G., Mosna, F., Tinelli, M., Lovato, L., Anghileri, E., Andreini, A., Pizzolo, G., Sbarbati, A., & Bonetti, B. (2007). Induction of neural-like differentiation in human mesenchymal stem cells derived from bone marrow, fat, spleen and thymus. *Bone*, 40(2), 382-390. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2006.09.006>
- Kuhn, S., Gritti, L., Crooks, D., & Dombrowski, Y. (2019). Oligodendrocytes in Development, Myelin Generation and Beyond. *Cells*, 8(11), 1424. <https://doi.org/10.3390/cells8111424>
- Lanyau Domínguez, Y., & Macías Matos, C. (2005). Deficiencia de vitaminas y enfermedad de Alzheimer. *Revista Cubana de Salud Pública*, 31(4), 0-0.
- Lee, Y., Morrison, B. M., Li, Y., Lengacher, S., Farah, M. H., Hoffman, P. N., Liu, Y., Tsingalia, A., Jin, L., Zhang, P.-W., Pellerin, L., Magistretti, P. J., & Rothstein, J. D. (2012). Oligodendroglia metabolically support axons and contribute to neurodegeneration. *Nature*, 487(7408), 443-448. <https://doi.org/10.1038/nature11314>
- Lepore, A. C., Rauck, B., Dejea, C., Pardo, A. C., Rao, M. S., Rothstein, J. D., & Maragakis, N. J. (2008). Focal transplantation-based astrocyte replacement is neuroprotective in a model of motor neuron disease. *Nature Neuroscience*, 11(11), 1294-1301. <https://doi.org/10.1038/nn.2210>
- Li, R., Li, D., Wu, C., Ye, L., Wu, Y., Yuan, Y., Yang, S., Xie, L., Mao, Y., Jiang, T., Li, Y., Wang, J., Zhang, H., Li, X., & Xiao, J. (2020). Nerve growth factor activates autophagy in Schwann cells to enhance myelin debris clearance and to expedite nerve regeneration. *Theranostics*, 10(4), 1649-1677. <https://doi.org/10.7150/thno.40919>
- Liddel, S. A., & Barres, B. A. (2017). Reactive Astrocytes: Production, Function, and Therapeutic Potential. *Immunity*, 46(6), 957-967. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2017.06.006>
- Liuzzi, G. M., Latronico, T., Branà, M. T., Gramegna, P., Coniglio, M. G., Rossano, R., Larocca, M., & Riccio, P. (2011). Structure-Dependent Inhibition of Gelatinases by Dietary Antioxidants in Rat Astrocytes and Sera of Multiple Sclerosis Patients. *Neurochemical Research*, 36(3), 518-527. <https://doi.org/10.1007/s11064-010-0373-2>
- Locia Espinoza, J., Hernández Aguilar, M. E., Aranda Abreu, G. E., Rojas Durán, F., Manzo Denes, J., Coria Ávila, G. A., Yerena Aguilar, C. E., & Soto Cid, A. H. (2013). El papel de los estrógenos y sus receptores en la prevención y promoción de enfermedades proliferativas de la glándula prostática. *eNeurobiología*, 4(8), 300-813.
- Lombana, A. del P. L., & Giraldo, H. H. (1993). La célula de Schwann. *Biomédica*, 13(4), 207-217. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v13i4.2075>
- Lombardi, M., Parolisi, R., Scaroni, F., Bonfanti, E., Gualerzi, A., Gabrielli, M., Kerlero de Rosbo, N., Uccelli, A., Giussani, P., Viani, P., Garlanda, C., Abbracchio, M. P., Chaabane, L., Buffo, A., Fumagalli, M., & Verderio, C. (2019). Detrimental and protective action of microglial extracellular vesicles on myelin lesions: Astrocyte involvement in remyelination failure. *Acta Neuropathologica*, 138(6), 987-1012. <https://doi.org/10.1007/s00401-019-02049-1>
- Lopategui Cabezas, I., Herrera Batista, A., & Pentón Rol, G. (2014). Papel de la glía en la enfermedad de Alzheimer. *Futuras implicaciones terapéuticas. Neurología*, 29(5), 305-309. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2012.10.006>
- Lopez-Leal, R., & Court, F. A. (2016). Schwann Cell Exosomes Mediate Neuron-Glia Communication and Enhance Axonal Regeneration. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 36(3), 429-436. <https://doi.org/10.1007/s10571-015-0314-3>

- Low, P. (2020, abril). Generalidades sobre el sistema nervioso autónomo— Trastornos neurológicos. Manual Merck versión para profesionales. <https://www.merckmanuals.com/es-us/professional/trastornos-neurologicos/sistema-nervioso-autonomo/generalidades-sobre-el-sistema-nervioso-autonomo>
- Luccarini, I., Grossi, C., Rigacci, S., Coppi, E., Pugliese, A. M., Pantano, D., la Marca, G., Ed Dami, T., Berti, A., Stefani, M., & Casamenti, F. (2015). Oleuropein aglycone protects against pyroglutamyated- β amyloid- β toxicity: Biochemical, epigenetic and functional correlates. *Neurobiology of Aging*, *36*(2), 648-663. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2014.08.029>
- Luine, V. N. (2014). Estradiol and cognitive function: Past, present and future. *Hormones and behavior*, *66*(4), 602-618. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.08.011>
- Ma, D. K., Ming, G.-L., & Song, H. (2005). Glial influences on neural stem cell development: Cellular niches for adult neurogenesis. *Current Opinion in Neurobiology*, *15*(5), 514-520. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.08.003>
- Marín-Teva, J. L., Cuadros, M. A., Martín-Oliva, D., & Navascués, J. (2011). Microglia and neuronal cell death. *Neuron Glia Biology*, *7*(1), 25-40. <https://doi.org/10.1017/S1740925X12000014>
- Marín-Teva, J. L., Dusart, I., Colin, C., Gervais, A., Rooijen, N. van, & Mallat, M. (2004). Microglia Promote the Death of Developing Purkinje Cells. *Neuron*, *41*(4), 535-547. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(04\)00069-8](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(04)00069-8)
- Márquez, M., Yépez, C. E., Sutil-Naranjo, R., & Rincón, M. (2002). Aspectos básicos y determinación de las vitaminas antioxidantes E. *Investigación Clínica*, *43*(3), 191-204.
- Martínez-Fernández, R., Gasca-Salas, C., Sánchez-Ferro, Á., & Ángel Obeso, J. (2016). Actualización en la enfermedad de Parkinson. *Revista Médica Clínica Las Condes*, *27*(3), 363-379. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.06.010>
- Martínez-Gómez, A. (2014). Comunicación entre células gliales y neuronas I. Astrocitos, células de Schwann que no forman mielina y células de Schwann perisinápticas. *Revista de Medicina e Investigación*, *2*(2), 75-84. [https://doi.org/10.1016/S2214-3106\(15\)30002-9](https://doi.org/10.1016/S2214-3106(15)30002-9)
- Matute, C. (2011, junio 29). Muerte de los oligodendrocitos por excitotoxicidad en la Esclerosis Múltiple. *Esclerosis Múltiple Euskadi*. <https://www.esclerosismultipleeuskadi.org/muerte-de-los-oligodendrocitos-por-excitotoxicidad-en-la-esclerosis-multiple/>
- McCorry, L. K. (2007). Physiology of the Autonomic Nervous System. *American Journal of Pharmaceutical Education*, *71*(4), 78.
- McKeon, A., & Benarroch, E. E. (2018). Glial fibrillary acid protein: Functions and involvement in disease. *Neurology*, *90*(20), 925-930. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000005534>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. A. (2019). Tejidos animales. Atlas de Histología Vegetal y Animal. <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>
- Mendibil, U., Ruiz-Hernandez, R., Retegi-Carrion, S., Garcia-Urquia, N., Olalde-Graells, B., & Abarategi, A. (2020). Tissue-Specific Decellularization Methods: Rationale and Strategies to Achieve Regenerative Compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(15), 5447. <https://doi.org/10.3390/ijms21155447>
- Meng, F., Modo, M., & Badyrak, S. F. (2014, junio 17). Biologic scaffold for CNS repair (London, UK). <http://Dx.Doi.Org/10.2217/Rme.14.9>; Future Medicine Ltd London, UK. <https://doi.org/10.2217/rme.14.9>
- Migliara, G., Mueller, M., Piermattei, A., Brodie, C., Paidas, M. J., Barnea, E. R., & Ria, F. (2017). PIF* promotes brain re-myelination locally while regulating systemic inflammation- clinically relevant multiple sclerosis M.smeqmatis model. *Oncotarget*, *8*(13), 21834-21851. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.15662>



- Milligan, E. D., & Watkins, L. R. (2009). Pathological and protective roles of glia in chronic pain. *Nature reviews. Neuroscience*, 10(1), 23-36. <https://doi.org/10.1038/nrn2533>
- Ministerio de Educación. (2013). Fisiología del sistema nervioso, motriz, sensorial y del lenguaje, Comprensión de la discapacidad II (Primera, Vol. 2). Viceministerio de Educación Superior de Formación Profesional/ Dirección General de Formación de Maestros. https://www.minedu.gob.bo/files/publicaciones/veaye/dgee/jica3_FISIO_SIST-NERV.pdf
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, T. P. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Monje, P. V. (2020). Schwann Cell Cultures: Biology, Technology and Therapeutics. *Cells*, 9(8), 1848. <https://doi.org/10.3390/cells9081848>
- Moore, S. A. (2016). The Spinal Ependymal Layer in Health and Disease. *Veterinary Pathology*, 53(4), 746-753. <https://doi.org/10.1177/0300985815618438>
- Morgado, H. V., Vilatela, M. E. A., & López, M. L. (2007). Factores genéticos involucrados en la susceptibilidad para desarrollar enfermedad de Parkinson. *Salud Mental*, 30(1), 10.
- Mot, A. I., Depp, C., & Nave, K.-A. (2018). An emerging role of dysfunctional axon-oligodendrocyte coupling in neurodegenerative diseases. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 20(4), 283-292.
- Mothe, A. J., Zahir, T., Santaguida, C., Cook, D., & Tator, C. H. (2011). Neural Stem/Progenitor Cells from the Adult Human Spinal Cord Are Multipotent and Self-Renewing and Differentiate after Transplantation. *PLoS ONE*, 6(11), e27079. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027079>
- Mozafari, S., & Baron-Van Evercooren, A. (2021). Human stem cell-derived oligodendrocytes: From humanized animal models to cell therapy in myelin diseases. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 116, 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2020.09.011>
- Mukherjee, C., Kling, T., Russo, B., Miebach, K., Kess, E., Schifferer, M., Pedro, L. D., Weikert, U., Fard, M. K., Kannaiyan, N., Rossner, M., Aicher, M.-L., Goebbels, S., Nave, K.-A., Krämer-Albers, E.-M., Schneider, A., & Simons, M. (2020). Oligodendrocytes Provide Antioxidant Defense Function for Neurons by Secreting Ferritin Heavy Chain. *Cell metabolism*, 32(2), 259-272.e10. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.05.019>
- Nasrabad, S. E., Rizvi, B., Goldman, J. E., & Brickman, A. M. (2018). White matter changes in Alzheimer's disease: A focus on myelin and oligodendrocytes. *Acta Neuropathologica Communications*, 6(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40478-018-0515-3>
- Navarro, A., Rioseras, B., del Valle, E., Martínez-Pinilla, E., Astudillo, A., & Tolivia, J. (2018). Expression Pattern of Myelin-Related Apolipoprotein D in Human Multiple Sclerosis Lesions. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10, 254. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00254>
- Nave, K.-A. (2010). Myelination and support of axonal integrity by glia. *Nature*, 468(7321), 244-252. <https://doi.org/10.1038/nature09614>
- Nazareth, L., St John, J., Murtaza, M., & Ekberg, J. (2021). Phagocytosis by Peripheral Glia: Importance for Nervous System Functions and Implications in Injury and Disease. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.660259>
- Nijssen, J., Comley, L. H., & Hedlund, E. (2017). Motor neuron vulnerability and resistance in amyotrophic lateral sclerosis. *Acta Neuropathologica*, 133(6), 863-885. <https://doi.org/10.1007/s00401-017-1708-8>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2020, diciembre 9). La OMS revela las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo: 2000-2019. <https://www.who.int/es/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>
- Osuna Suárez, E., Caro Henao, L. E., & Patiño Fernández, G. (2016). *NEUROANATOMÍA: Fundamentos de neuroanatomía estructural, funcional y clínica*. (1.a ed.). Universidad Nacional de Colombia.



- Pannese, E. (2018). Biology and Pathology of Perineuronal Satellite Cells in Sensory Ganglia. En E. Pannese (Ed.), *Biology and Pathology of Perineuronal Satellite Cells in Sensory Ganglia* (pp. 1-63). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60140-3_1
- Pastor, P., & Tolosa, E. (2001). La enfermedad de Parkinson: Diagnóstico y avances en el conocimiento de la etiología y en el tratamiento. *Medicina Integral*, 37(3), 104-117.
- Pelvig, D. P., Pakkenberg, H., Stark, A. K., & Pakkenberg, B. (2008). Neocortical glial cell numbers in human brains. *Neurobiology of Aging*, 29(11), 1754-1762. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2007.04.013>
- Peng, L., Parpura, V., & Verkhratsky, A. (2014). EDITORIAL Neuroglia as a Central Element of Neurological Diseases: An Underappreciated Target for Therapeutic Intervention. *Current Neuropharmacology*, 12(4), 303-307. <https://doi.org/10.2174/1570159X12999140829152550>
- Peng, Y., Hou, C., Yang, Z., Li, C., Jia, L., Liu, J., Tang, Y., Shi, L., Li, Y., Long, J., & Liu, J. (2016). Hydroxytyrosol mildly improve cognitive function independent of APP processing in APP/PS1 mice. *Molecular Nutrition & Food Research*, 60(11), 2331-2342. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600332>
- Peña-Casanova, J. (1999). Enfermedad de Alzheimer. Del diagnóstico a la terapia: Conceptos y hechos. Fundación La Caixa. https://fiapam.org/wp-content/uploads/2012/10/Enfermedad_Alzheimer_de_diagnostico_a_terapia.pdf
- Perdomo, S., & Spinel, C. (2004). La Célula de Schwann. *Acta Biológica Colombiana*, 9(2), 25-34.
- Pike, C. J., Nguyen, T.-V. V., Ramsden, M., Yao, M., Murphy, M. P., & Rosario, E. R. (2008). Androgen cell signaling pathways involved in neuroprotective actions. *Hormones and Behavior*, 53(5), 693-705. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.11.006>
- Quesada Yamasaki, D., Arce Soto, E., Ramírez, K., Fornaguera Trías, J., & Mora Gallegos, A. (2016, octubre 10). El papel de la microglía en la señalización neuroinflamatoria y la respuesta neuroinmune. *eNeurobiología*, 7(16), 1-13.
- Ramagopalan, S. V., Dobson, R., Meier, U. C., & Giovannoni, G. (2010). Multiple sclerosis: Risk factors, prodromes, and potential causal pathways. *The Lancet. Neurology*, 9(7), 727-739. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(10\)70094-6](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(10)70094-6)
- Raza, S. S., Wagner, A. P., Hussain, Y. S., & Khan, M. A. (2018). Mechanisms underlying dental-derived stem cell-mediated neurorestoration in neurodegenerative disorders. *Stem Cell Research & Therapy*, 9(1), 245. <https://doi.org/10.1186/s13287-018-1005-z>
- Rodríguez-Morató, J., Xicotá, L., Fitó, M., Farré, M., Dierssen, M., & de la Torre, R. (2015). Potential Role of Olive Oil Phenolic Compounds in the Prevention of Neurodegenerative Diseases. *Molecules*, 20(3), 4655-4680. <https://doi.org/10.3390/molecules20034655>
- Romano, M. F., Nissen, M. D., & Parquet, C. A. (2007). Enfermedad de Alzheimer. *Revista de Posgrado de la Vía Cátedra de Medicina*, 145, 4.
- Rosen, D. R., Siddique, T., Patterson, D., Figlewicz, D. A., Sapp, P., Hentati, A., Donaldson, D., Goto, J., O'Regan, J. P., & Deng, H. X. (1993). Mutations in Cu/Zn superoxide dismutase gene are associated with familial amyotrophic lateral sclerosis. *Nature*, 362(6415), 59-62. <https://doi.org/10.1038/362059a0>
- Saavedra Moreno, J. S., Millán, P. A., & Buriticá Henao, O. F. (2019). Introducción, epidemiología y diagnóstico de la enfermedad de Parkinson. *Acta Neurológica Colombiana*, 35(3 supl. 1), 2-10. <https://doi.org/10.22379/24224022244>



- Salzer, J. L. (2015). Schwann cell myelination. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(8), a020529. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a020529>
- Secretaría de Salud. (2020, mayo 27). 124. Esclerosis múltiple, enfermedad neurodegenerativa y multifactorial. <http://www.gob.mx/salud/prensa/124-esclerosis-multiple-enfermedad-neurodegenerativa-y-multifactorial>
- Shaham, S. (2006). Glia-neuron interactions in the nervous system of *Caenorhabditis elegans*. *Current Opinion in Neurobiology*, 16(5), 522-528. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2006.08.001>
- Shahidi, S., Janmaleki, M., Riaz, S., Sanati Nezhad, A., & Syed, N. (2021). A tuned gelatin methacryloyl (GelMA) hydrogel facilitates myelination of dorsal root ganglia neurons in vitro. *Materials Science and Engineering: C*, 126, 112131. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112131>
- Sica, R. E. (2013). Esclerosis lateral amiotrófica: ¿Es el astrocito la célula primariamente dañada? *MEDICINA (Buenos Aires)*, 73, 573-578.
- Siemionow, K., Klimczak, A., Brzezicki, G., Siemionow, M., & McLain, R. F. (2009). The effects of inflammation on glial fibrillary acidic protein expression in satellite cells of the dorsal root ganglion. *Spine*, 34(16), 1631-1637. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181ab1f68>
- Sies, H., & Stahl, W. (1995). Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(6 Suppl), 1315S-1321S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/62.6.1315S>
- Silvestro, S., Sindona, C., Bramanti, P., & Mazzon, E. (2021). A State of the Art of Antioxidant Properties of Curcuminoids in Neurodegenerative Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 3168. <https://doi.org/10.3390/ijms22063168>
- Simons, M., & Nave, K.-A. (2015). Oligodendrocytes: Myelination and Axonal Support. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 8(1), a020479. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a020479>
- Sirangelo, I., Borriello, M., Vilasi, S., & Iannuzzi, C. (2020). Hydroxytyrosol Inhibits Protein Oligomerization and Amyloid Aggregation in Human Insulin. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(13), 4636. <https://doi.org/10.3390/ijms21134636>
- Snaidero, N., Schifferer, M., Mezydło, A., Zalc, B., Kerschensteiner, M., & Misgeld, T. (2020). Myelin replacement triggered by single-cell demyelination in mouse cortex. *Nature Communications*, 11, 4901. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18632-0>
- Snell, R. S. (2014). *Neuroanatomía clínica* (7.a ed.). Wolters Kluwer Health.
- Soto-Rodríguez, G., Blanco-Álvarez, V. M., González-Barríos, J. A., Martínez-Fong, D., & León-Chávez, B. A. (2014, septiembre). Función neuroinmunológica de la glía en los procesos desmielinizantes. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 19(3), 336-346.
- Spaas, J., van Veggel, L., Schepers, M., Tiane, A., van Horsen, J., Wilson, D. M., Moya, P. R., Piccart, E., Hellings, N., Eijnde, B. O., Derave, W., Schreiber, R., & Vanmierlo, T. (2021). Oxidative stress and impaired oligodendrocyte precursor cell differentiation in neurological disorders. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 78(10), 4615-4637. <https://doi.org/10.1007/s00018-021-03802-0>
- Steward, O. (2000). *Functional Neuroscience* (1.a ed.). Springer Science.
- Strojny, C., Boyle, M., Bartholomew, A., Sundivakkam, P., & Alapati, S. (2015). Interferon-gamma treated Dental pulp Stem Cells Promote Human Mesenchymal Stem Cell Migration, In Vitro. *Journal of endodontics*, 41(8), 1259-1264. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.018>
- Sullivan, J. M., Benton, J. L., Sandeman, D. C., & Beltz, B. S. (2007). Adult Neurogenesis: A Common Strategy Across Diverse Species. *The Journal of comparative neurology*, 500(3), 574-584. <https://doi.org/10.1002/cne.21187>



- Takaku, S., Tsukamoto, M., Niimi, N., Yako, H., & Sango, K. (2021). Exendin-4 Promotes Schwann Cell Survival/Migration and Myelination In Vitro. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 2971. <https://doi.org/10.3390/ijms22062971>
- Torres Courchoud, I., & Pérez Calvo, J. I. (2016). Biomarcadores y práctica clínica. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 39(1), 5-8.
- Traiffort, E., Kassoussi, A., Zahaf, A., & Laouarem, Y. (2020). Astrocytes and Microglia as Major Players of Myelin Production in Normal and Pathological Conditions. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 14. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fncel.2020.00079>
- Traish, A., Bolanos, J., Nair, S., Saad, F., & Morgentaler, A. (2018). Do Androgens Modulate the Pathophysiological Pathways of Inflammation? Appraising the Contemporary Evidence. *Journal of Clinical Medicine*, 7(12), 549. <https://doi.org/10.3390/jcm7120549>
- Vallarola, A., Sironi, F., Tortarolo, M., Gatto, N., De Gioia, R., Pasetto, L., De Paola, M., Mariani, A., Ghosh, S., Watson, R., Kalmes, A., Bonetto, V., & Bendotti, C. (2018). RNS60 exerts therapeutic effects in the SOD1 ALS mouse model through protective glia and peripheral nerve rescue. *Journal of Neuroinflammation*, 15, 65. <https://doi.org/10.1186/s12974-018-1101-0>
- Vargas, M. R., Pehar, M., Cassina, P., Martínez-Palma, L., Thompson, J. A., Beckman, J. S., & Barbeito, L. (2005). Fibroblast growth factor-1 induces heme oxygenase-1 via nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) in spinal cord astrocytes: Consequences for motor neuron survival. *The Journal of Biological Chemistry*, 280(27), 25571-25579. <https://doi.org/10.1074/jbc.M501920200>
- Vegeto, E., Villa, A., Della Torre, S., Crippa, V., Rusmini, P., Cristofani, R., Galbiati, M., Maggi, A., & Poletti, A. (2019). The Role of Sex and Sex Hormones in Neurodegenerative Diseases. *Endocrine Reviews*, 41(2), 273-319. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnz005>
- Vejux, A., Ghzaïel, I., Nury, T., Schneider, V., Charrière, K., Sghaier, R., Zarrouk, A., Leoni, V., Moreau, T., & Lizard, G. (2021). Oxysterols and multiple sclerosis: Physiopathology, evolutive biomarkers and therapeutic strategy. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 210, 105870. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2021.105870>
- Verkhatsky, A., & Nedergaard, M. (2018). Physiology of Astroglia. *Physiological Reviews*, 98(1), 239-389. <https://doi.org/10.1152/physrev.00042.2016>
- Villa, A., Vegeto, E., Poletti, A., & Maggi, A. (2016). Estrogens, Neuroinflammation, and Neurodegeneration. *Endocrine Reviews*, 37(4), 372-402. <https://doi.org/10.1210/er.2016-1007>
- Wake, H., Moorhouse, A. J., Jinno, S., Kohsaka, S., & Nabekura, J. (2009). Resting Microglia Directly Monitor the Functional State of Synapses In Vivo and Determine the Fate of Ischemic Terminals. *The Journal of Neuroscience*, 29(13), 3974-3980. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4363-08.2009>
- Wang, H., Lin, X.-F., Wang, L.-R., Lin, Y.-Q., Wang, J.-T., Liu, W.-Y., Zhu, G.-Q., Braddock, M., Zhong, M., & Zheng, M.-H. (2015). Decellularization technology in CNS tissue repair. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 15(5), 493-500. <https://doi.org/10.1586/14737175.2015.1030735>
- Wheeler, D., Bandaru, V. V. R., Calabresi, P. A., Nath, A., & Haughey, N. J. (2008). A defect of sphingolipid metabolism modifies the properties of normal appearing white matter in multiple sclerosis. *Brain: A Journal of Neurology*, 131(Pt 11), 3092-3102. <https://doi.org/10.1093/brain/awn190>
- Woodruff, R. H., & Franklin, R. J. (1999). Demyelination and remyelination of the caudal cerebellar peduncle of adult rats following stereotaxic injections of lysolecithin, ethidium bromide, and complement/antigalactocerebroside: A comparative study. *Glia*, 25(3), 216-228. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-1136\(19990201\)25:3<216::aid-glia2>3.0.co;2-I](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-1136(19990201)25:3<216::aid-glia2>3.0.co;2-I)



- Xia, B., Gao, J., Li, S., Huang, L., Zhu, L., Ma, T., Zhao, L., Yang, Y., Luo, K., Shi, X., Mei, L., Zhang, H., Zheng, Y., Lu, L., Luo, Z., & Huang, J. (2020). Mechanical stimulation of Schwann cells promote peripheral nerve regeneration via extracellular vesicle-mediated transfer of microRNA 23b-3p. *Theranostics*, 10(20), 8974-8995. <https://doi.org/10.7150/thno.44912>
- Yao, X.-L., Ye, C.-H., Liu, Q., Wan, J., Zhen, J., Xiang, A. P., Li, W.-Q., Wang, Y., Su, H., & Lu, X.-L. (2013). Motoneuron Differentiation of Induced Pluripotent Stem Cells from SOD1G93A Mice. *PLoS ONE*, 8(5), e64720. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064720>
- Zapata-Zapata, C. H., Franco-Dáger, E., Solano-Atehortúa, J. M., & Ahunca-Velásquez, L. F. (2016). Esclerosis lateral amiotrófica: Actualización. *Iatreia*, 29(2), 194-205. <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.v29n2a08>
- Zhang, J., Zhang, Z. G., Li, Y., Lu, M., Zhang, Y., Elias, S. B., & Chopp, M. (2016). Thymosin beta4 promotes oligodendrogenesis in the demyelinating central nervous system. *Neurobiology of Disease*, 88, 85-95. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2016.01.010>
- Zhang, Y., Li, X., Ciric, B., Curtis, M. T., Chen, W.-J., Rostami, A., & Zhang, G.-X. (2020). A dual effect of ursolic acid to the treatment of multiple sclerosis through both immunomodulation and direct remyelination. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(16), 9082-9093. <https://doi.org/10.1073/pnas.2000208117>
- Ziemssen, T., Akgün, K., & Brück, W. (2019). Molecular biomarkers in multiple sclerosis. *Journal of Neuroinflammation*, 16(1), 272. <https://doi.org/10.1186/s12974-019-1674-2>
- Zovkic, I. B., & McCormick, C. M. (2019). A rapid enhancement of locomotor sensitization to amphetamine by estradiol in female rats. *Physiology & Behavior*, 203, 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.11.013>

MANEJO FITOTÉCNICO DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SU RESPUESTA PRODUCTIVA EN EL EJIDO CUAUTLAPAN DEL INGENIO EL CARMEN S.A DE C.V.



53

Emmanuel Berlín Aparicio

Universidad Veracruzana
berlinemmanuel@gmail.com

Jorge Arturo Del Ángel Ramos

Universidad Veracruzana
jdelangel@uv.mx

Juan José Marín Hernández

Universidad Veracruzana
jmarin@uv.mx

Alma Berenice Morales Guzman

Universidad Veracruzana
almamorales@uv.mx

Adolfo Castillo Moran

Universidad Veracruzana
adcastillo@uv.mx

Daniel Arturo Rodríguez Lagunes

Universidad Veracruzana
darodriguez@uv.mx

Fecha de recepción: 12/08/2022

Fecha de aprobación: 28/08/2022

Resumen

El cultivo de la caña de azúcar en el Estado de Veracruz es de suma importancia para productores, grupos de cosecha, industrias azucareras y alcoholeras. La plantación (siembra) de una hectárea de caña de azúcar en la zona de estudio, es la inversión más fuerte realizada por los productores, alcanzando un valor de \$ 38,811.00 por hectárea, sin tomar en cuenta los gastos de cosecha. Para socas y resocas es de \$ 19,846.00 solamente de labores e insumos del cultivo. El punto de equilibrio económico en el ciclo planta se ubica en 48.077 T de caña por hectárea, tomando en cuenta las labores de cultivo que se realizan y el paquete tecnológico recomendado por el ingenio. Las socas y resocas se ubican en 24.584 t ha⁻¹, realizando las labores necesarias y aplicando los insumos pertinentes. Todo esto tomando en cuenta el KARBE que tuvo el ingenio en la zafra 2019/2020 y que arrojó un precio por T de caña de \$807.26. Es importante que los productores introduzcan nuevas variedades resistentes a los factores que se les presenta en el Ejido Cautlapan para que sus rendimientos mejoren en los diferentes ciclos.

Palabras clave: manejo fitotécnico, caña de azúcar, variedades, resistencia.

Abstrac

The cultivation of sugar cane in the State of Veracruz is of the utmost importance for producers, harvest groups, sugar and alcohol industries. The planting (sowing) of one hectare of sugarcane in the study area is the strongest investment made by the producers, reaching a value of \$38,811.00 per hectare, without taking into account harvest costs. For socas and resocas it is \$19,846.00 only for labor and crop inputs. The economic equilibrium point in the plant cycle is located at 48,077 T of cane per hectare, taking into account the cultivation tasks that are carried out and the technological package recommended by the mill. The socas and resocas are located at 24,584 t ha⁻¹, carrying out the necessary tasks and applying the pertinent inputs. All this taking into account the KARBE that had the ingenuity in the 2019/2020 harvest and that showed a price per T of cane of \$807.26. It is important for producers to introduce new varieties that are resistant to the factors that are presented to them in Ejido Cautlapan so that their yields improve in the different cycles.

Keywords: phytotechnical management, sugar cane, varieties, resistance.

INTRODUCCIÓN

En el escenario actual (globalización y apertura comercial), la agroindustria azucarera enfrenta grandes desafíos, entre los que destacan la productividad, rentabilidad y sustentabilidad. Para la agroindustria azucarera mexicana en particular, los altos costos de producción, la falta de financiamiento, la tecnología y equipos insuficientes, así como los problemas operativos del sector cañero, tales como, los altos costos de los insumos, el uso inapropiado del suelo, agua, agroquímicos, maquinaria y otros insumos, son de los principales retos a superarse; por lo cual se realizó un trabajo de investigación mediante el análisis de los aspectos climáticos, edáficos, fitosanitarios, social, económico y técnico para optimizar la producción del cultivo de la caña de azúcar en la principal zona de abasto del Ingenio El Carmen S.A de C.V., ubicado en la región centro.

Sobre la base de la información obtenida se describirán las condiciones de clima (Precipitaciones, y temperaturas: máxima, media y mínima); características del principal tipo de suelo en el ejido; características del paquete tecnológico para la zona de estudio, referente a: Composición de variedades y ciclos, preparación del suelo, producción de "semilla" y plantación, labores del cultivo de la caña de azúcar, control de malezas y plagas, fertilización mineral y/u orgánica de la caña de azúcar, programación de cosecha por variedades y ciclos, organización de la cosecha de la caña de azúcar. Con los resultados obtenidos se determinó la rentabilidad de la producción de la caña de azúcar en el Ejido Cuautlapan del Ingenio El Carmen, S.A. de C.V., Veracruz.

METODOLOGÍA

La recopilación de información se basó en los registros con los que cuenta el Ingenio el Carmen S.A de C.V., respecto a las labores de campo realizadas por los productores en sus parcelas con el cultivo de la caña de azúcar, acorde al paquete tecnológico establecido por el ingenio y los costos que estos representan por cada labor particular, y su relación con el rendimiento de campo por hectárea obtenida en cada caso, del Ejido Cuautlapan. Además,



las variables de estudio consistieron en el estimado de producción por zafra, avance de labores de campo, catálogo de labores de campo, variedades, productores, registros de lluvia y temperaturas, gastos de cosecha: corte, flete y alce, gastos de administración de grupos, cuotas de producción, costos de los insumos, valor de la "semilla" en caso de siembras, precipitaciones históricas, así como de temperaturas.

Para identificar las características físico-químicas de los suelos en el Ejido Cuautlapan, se analizó la información referente a los estudios de suelos desarrollados en años anteriores que el ingenio haya realizado, así como la consulta de cartas de suelos del INEGI y demás información referente a las condiciones de los suelos en el Ejido Cuautlapan.

Para conocer la inversión financiera en los ciclos de producción planta, soca y resoca, en el ámbito económico, se tomaron los valores asignados por el Tabulador de costos y avíos que el Ingenio El Carmen tiene indicado para llevar a cabo las actividades en los diferentes ciclos de cultivo de la caña de azúcar, así como también los importes que se tienen por los prestadores de servicios; en los casos en que no se contemple dicha labor por el Ingenio. Para lo cual se consideraron los siguientes:

Ciclo planta: costo de preparación del suelo, costos de "semilla", costos de jornaleros, costos de insumos, costos de limpiezas y costos de cosecha; para Ciclo soca: costos de insumos, costos de jornaleros, costos de limpieza y costos de cosecha; mientras que para Ciclo resoca: costos de resiembra, costos de insumos, costos de limpieza, costos de jornaleros y costos de cosecha.

Sobre la base de información obtenida se describen las condiciones de clima (precipitaciones) y temperaturas: máxima, media y mínima, características de un talud de suelo en el Ejido Cuautlapan, características del paquete tecnológico para la zona de estudio, referente a composición de variedades y ciclos, preparación del suelo para la plantación, producción de "semilla" y plantación, labores de cultivo de la caña de azúcar, control de plagas y malezas, fertilización mineral de la caña de azúcar, programación de cosecha por variedades y ciclos, organización de la cosecha de la caña de azúcar y de los resultados anteriores se determinó la rentabilidad de la producción de la caña de azúcar en el Ejido Cuautlapan del Ingenio El Carmen S.A de C.V., Veracruz.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización climática del ejido Cuautlapan. Comportamiento de las precipitaciones históricas y en la zona de estudio.

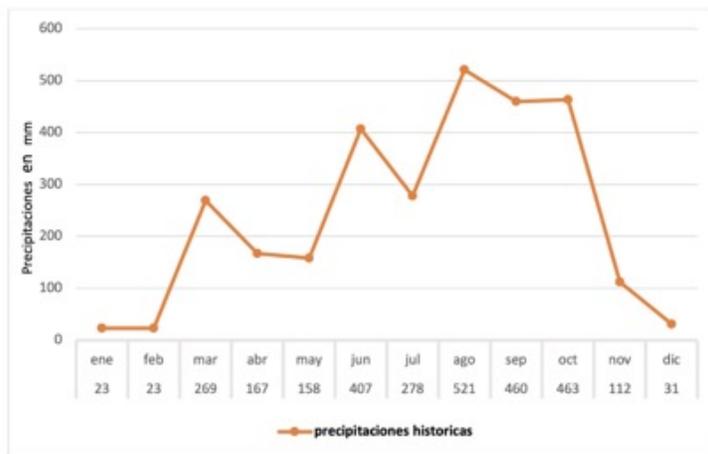


Figura 1. Comportamiento anual de las precipitaciones del año 2019-2020 en el Ejido Cuautlapan

Como se observa en la figura 1 (precipitaciones del año 2019-2020 registrado por el Ingenio El Carmen S.A. de C.V.), el promedio anual de precipitaciones está en los 242.66 mm, los meses en los que se registra más lluvia es de marzo a octubre, y los meses más secos de noviembre a febrero, como resultado el mes más lluvioso fue agosto y los mes más secos son enero y febrero, esto hace referencia que el cultivo de caña de azúcar para el Ejido Cuautlapan se desarrolla sin dificultades hídricas, favoreciendo su producción y obteniendo un mejor rendimiento en las parcelas que abastecen al ingenio (Taxis, 2020a).

Comportamiento de las temperaturas

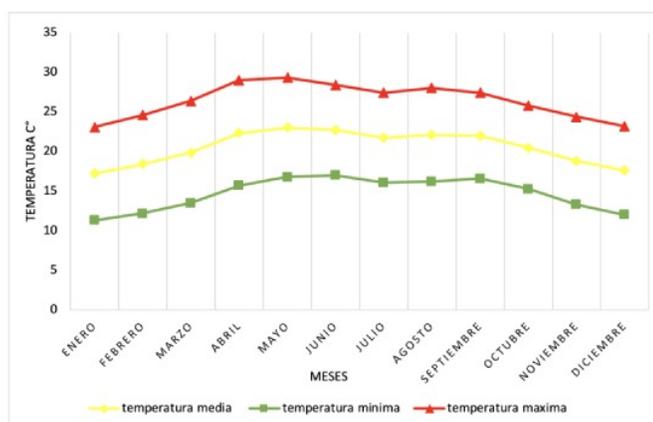


Figura 2. Comportamiento mensual de las temperaturas en los últimos 3 años del Ejido Cuautlapan.

Las temperaturas que se presentan en el Ejido Cuautlapan se pueden observar en la figura 2, máxima de 29.00 °C en abril a 28.00 °C en agosto y la mínima de 11.03 °C en enero a 15.07 °C en abril; siendo los meses más calurosos, de abril a agosto y los meses más frescos de septiembre a marzo, el mes que se presenta más caluroso en el Ejido es abril y el más fresco es enero (Gerencia de campo, 2020).

Características de un talud del Ejido Cuautlapan

Los suelos del área de estudio del Ingenio El Carmen son: suelos arcillosos, en un 80% de origen volcánico que corresponde a la unidad de los andosoles ócricos, texturas arcillosas, franco-arcillosos; predominando los suelos rojos con alto contenido de minerales ferrosos en su mayoría los suelos que presentan buen drenaje; con pH ácido que va de 4.5 a 6.5 (Superintendencia General de Campo, 2020).



Figura 3. Talud de suelo arcilloso, Ejido Cuautlapan, del Ingenio El Carmen, S.A. de C.V., Veracruz.

Se apoyó de un talud de suelo (Figura 3), este corresponde a un suelo arcilloso bajo condiciones de temporal. Tienen un alto potencial para la producción agrícola, son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua, fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad, se cultivan con una variedad amplia de cultivos incluyendo caña de azúcar, patata (tolerante a bajo nivel de fosfato), té, vegetales, trigo y cultivos hortícolas (FAO, 2008).

Composición de variedades de caña de azúcar en la zona de estudio

En el Ingenio El Carmen S.A. de C.V., en la actualidad la composición de variedades en la zona de estudio se presenta en la figura 4, destacando las variedades de madurez media. En cuanto a los ciclos de producción, sobresale el ciclo resoca con el 69% del área de producción (Figura 5).



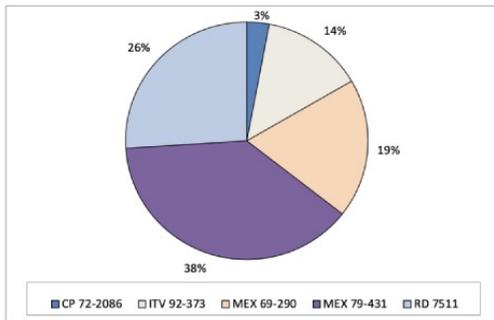
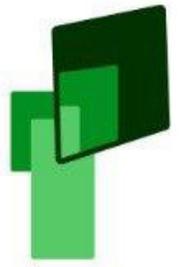


Figura 4. Composición de variedades de caña de azúcar en el Ejido Cuautlapan, Ingenio El Carmen, S.A. de C.V., Veracruz.

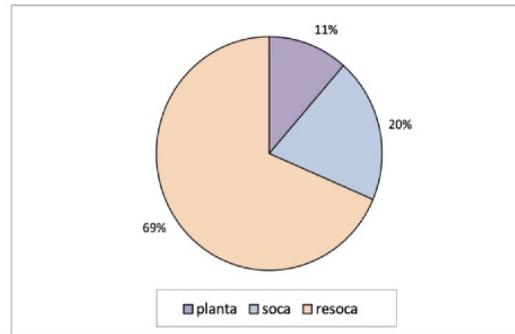


Figura 5. Composición por ciclos de la caña de azúcar en el Ejido Cuautlapan, Ingenio El Carmen, S.A. de C.V., Veracruz.

Hasta el momento no se han introducido nuevas variedades por lo tanto se cosechan las mismas variedades de hace años, por lo que se debe trabajar en introducir nuevas variedades en un futuro que sean resistentes al factor ambiente, plagas y enfermedades que atacan en la zona de estudio y se espere sean aceptadas por los productores del Ejido Cuautlapan, haciendo para ellos y para el ingenio un cultivo más rentable y aprovechable. Al obtener el porcentaje por composición de ciclo observamos que la mayor parte de las variedades para la cosecha en el Ejido Cuautlapan es de ciclo resocas, siendo muy bajo el porcentaje para el ciclo planta y socas del área a cosechar para el Ingenio. (Taxis, 2020b).

Caracterización del proceso de producción de la caña de azúcar en Ejido Cuautlapan. Producción de "semilla" y plantación.

- a) Selección de las variedades a plantar. En la zona de estudio no existe una selección de variedades definida a plantar por esto los productores son los que deciden que variedad plantar pidiendo solo el apoyo económico al ingenio y la "semilla" la compran con otros productores cercanos a sus parcelas, después de esto se deduce si es una variedad precoz, media o tardía (Gerencia de Campo, 2020). Para tener un buen rendimiento en campo se requiere de variedades que se adapten en la zona tomando en cuenta los elementos agronómicos para un buen desarrollo y así tener un buen rendimiento en fábrica.
- b) Calidad de la "semilla". Cuando hablamos calidad es muy importante tomar en cuenta que para la siembra deben ser cañas jóvenes con yemas sanas sin afectaciones por sequias o sanidad, en muchas ocasiones los productores prefieren comprar la "semilla" del lugar donde les queda más cerca de sus lotes sin tomar en cuenta



lo antes mencionado o bien usan su propia "semilla" de otros lotes cercanos que tienen. Todo esto repercute negativamente en la brotación de las yemas y su producción. En la zona de estudio los productores piden apoyos económicos para hacer su siembra y comprar la "semilla", o toman de sus propias siembras esto les ofrece un ahorro, pero la "semilla" no es la adecuada para lograr una buena producción y calidad.

c) Sistemas de la plantación. El sistema de plantación en la zona de estudio se hace en los meses de septiembre-octubre tomando en cuenta el régimen meteorológico, en temporada de sequias las siembras son menores que en las temporadas de lluvia, los meses óptimos para hacer las siembras en la zona son septiembre-octubre. El sistema de plantación más empleado es el cordón doble (punta con cola) esta técnica asegura una mejor brotación de acuerdo con la "semilla". Se utilizan aproximadamente de 10-12 toneladas por hectárea de "semilla" para el sistema de siembra cordón doble.

El Ingenio el Carmen no cuenta con un banco de "semilla" para proporcionar a los productores por lo cual es más difícil tener un buen manejo de sistemas de plantación en la zona (Gerencia de campo, 2020).

Labores del cultivo de caña de azúcar

Es todo trabajo que se realiza para la plantación de caña de azúcar en los ciclos: planta, soca y resoca. En Ingenio El Carmen, S.A. de C.V., autorizan para otorgar crédito las siguientes labores a los costos que se indican en el cuadro 1.

Cuadro 1. Costo por hectárea de las labores de cultivo de acuerdo a las tarifas y crédito proporcionados por el Ingenio El Carmen, S.A. de C.V. Veracruz

LABORES CULTURALES	TARIFA \$ / ha.	
	Ciclo planta	Soca y resoca
Subsuelo en cepas		\$ 1,050.00
Fertilización mecanizada	\$1,575.00	\$1,575.00
IRA. Aplicación formula	\$420.00	\$420.00
IRA. Aplicación herbicida	\$420.00	\$420.00
2DA. Limpia	\$2,730.00	\$2,730.00
Chapeo de calles	\$400.00	\$420.00
Resiembra		\$1,050.00
Aplicación insecticida	\$400.00	\$420.00
Aplicación rodenticida	\$400.00	\$420.00
Flete fertilizante formula	\$300.00	\$315.00
Aplicación de Fertilización urea	\$300.00	\$210.00
Chapeo	\$1,000.00	\$1,000.00
Primer subsuelo	\$1,000.00	
Segundo subsuelo	\$1,000.00	
Valor de "semilla"	\$7,800.00	
Primera rastra	\$1,000.00	
Segunda rastra	\$1,000.00	
Surco	\$1,000.00	

Control de malezas

El programa de control de malezas debe tomar en consideración las malezas predominantes. Las malezas compiten con las plantas de caña de azúcar por agua, luz y nutrientes minerales, las que también pueden afectar el crecimiento de la caña de azúcar a través de exudados radicales y lixiviados foliares alelopáticos. Si estas no se controlan oportunamente se llegan a tener pérdidas en el rendimiento de campo que pueden oscilar entre el 30-50%. Las principales malezas que se presentan ciclo con ciclo en el área de estudio se indican en el cuadro 2.

Cuadro 2. Principales malezas que se presentan en la zona de estudio (Gerencia de Campo, 2020).

Nombre común	Nombre científico
Zacate de agua	<i>Echinochloa colonum</i>
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>
Quelite	<i>Chenopodium álbum</i>
Bledo	<i>Amarantus hybridus</i>
Caminadora	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>

Para controlar las malezas en el área de estudio, se emplean los métodos químicos (herbicida) y manual (azadón).

Método manual. Este método de control se realiza con palas, azadón y machetes, es más común en socas que en platilla. Ya que este último caso se puede dañar las plántulas que ejercen. Además, es costoso y se requiere más mano de obra y es menos efectivo que otros métodos. En el lugar de estudio los productores realizan una limpia manual con un costo de \$700.00.

Método químico. En la actualidad existen varios herbicidas químicos que se utilizan con gran éxito en el cultivo de caña de azúcar, en el cuadro 3, se indican los herbicidas utilizados en la zona de estudio. Los herbicidas se formulan como granulados, polvos, soluciones. El control de arvenses es una labor muy importante que determina el rendimiento de la caña de azúcar, en dependencia con la oportunidad de control que se haga. Para el caso de plantaciones se realizan aplicaciones de herbicidas pre-emergentes y de post emergencia, para no disminuir la producción. El umbral económico o el momento óptimo para realizar las aplicaciones de herbicidas es post-emergencia temprana es que la maleza no rebase los 5-10 cm de altura. En la zona estudiada los productores controlan las arvenses con un precio de \$ 380.00.

Cuadro 3. Principales herbicidas comerciales que se utilizan en la zona de estudio

PRODUCTO	PRESENTACION	PRECIO UNITARIO
Ametrina	5 LT.	\$860.00
Ametrina	1LT	\$180.00
Diurón	1KG	\$280.00

El periodo crítico de competencia entre la caña de azúcar y las malezas ocurre entre los 25 y 90 días después de la brotación. Durante este periodo es necesario tener la planta libre de malezas, pues el tenerlas presentes en el cultivo en esta etapa, el rendimiento se verá reducido. Las pérdidas que ocasionan las malezas en la caña de azúcar van de un 25 a 38 %, esto dependerá de las especies presentes, la densidad, agresividad, etc. Cuando las malezas no se controlan oportunamente se han llegado a estimar pérdidas superiores al 30 % del rendimiento en campo, la época con mayor presencia de las malezas se da a partir de la segunda quincena de mayo, junio y agosto principalmente (Gerencia de campo , 2020).

Control de plagas

En la zona de estudio actualmente se considera como una plaga el barrenador de tallo. Está relacionado con desequilibrios biológicos causados por factores climáticos, siembra de variedades más susceptibles o cambios de prácticas agronómicas que crean condiciones favorables para la plaga y los cultivos que se encuentren a su alrededor. Cuando esta plaga se encuentra en las condiciones favorables o propicias para su reproducción, causan una gran epidemia y por ello se es muy difícil de combatir o controlar.

En el Ingenio el Carmen se realizó un monitoreo de barrenador del tallo en diferentes zonas de abastecimiento, la Zona 6 que pertenece el ejido Cuautlapan, se consideró como una plaga de bajo impacto económico, a pesar de esto se toman medidas para su control usando sólo control químico (Gerencia de campo , 2020).

Fertilización mineral de la caña de azúcar

En el Ingenio el Carmen S.A de C.V., el programa de fertilización a partir de la zafra 2019-2020 se trabaja en mejorar el sistema de fertilización para que sea adecuado al cultivo y tipo de suelo. En la zona de estudio la superficie que





se cultiva cada ciclo es de aproximadamente de 397 hectáreas para socas y resocas y 48 hectáreas para plantaciones nuevas. Las fórmulas establecidas; de acuerdo al jefe de cosecha, se pueden observar; en el cuadro 4, las recomendaciones por cada tipo de ciclo. Seguidamente se presenta; en el cuadro 5, los costos de los fertilizantes utilizados en la zona de estudio con sus costos de aplicación para el ciclo pasado 2019-2020.

Cuadro 4. Fórmulas recomendadas por ciclos de las plantaciones cañeras del Ejido Cautlapan del Ingenio El Carmen, S.A. de C.V, Veracruz.

Numero	Planta	Dosis kg ha ⁻¹	Ciclo
1	18-09-18	500	Soca y resoca
2	46-00-00	200	Planta

Cuadro 5. Precios de los fertilizantes y costos de aplicación correspondientes a la zafra recién concluida, 2019-2020.

Tipo de Fertilizante	Ciclo planta				Ciclos soca y resocas			
	Dosis	Insumo \$	Aplicación \$	Total \$	Dosis	Insumo \$	Aplicación \$	Total \$
Mineral	200 kg ha ⁻¹	1,580.00	350.00	1,390.00	500 kg ha ⁻¹	3,650.00	350.00	4,000.00

Programación de cosecha por variedades y ciclos

La cosecha de la caña de azúcar es la culminación de un trabajo realizado durante 12 a 18 meses, tiempo que tarda el cultivo para llegar a su madurez fisiológica y poder cosecharlo. Entre los factores a considerar para una cosecha de calidad se encuentran a factores climáticos, de operación y socio-políticos; programación de cortes, edad de la caña, variedad, tipo de madurez, época de fertilización, condiciones de campo, ciclo de cultivo y floración. En el área de estudio la madurez depende de la variedad, ya que en la zona se cuenta variedades de maduración temprana, media y tardía, sin embargo, no existe un equilibrio adecuado en los porcentajes para cada variedad y tipo de madurez, como así se indica en las figuras 4 y 5.

Para determinar la madurez, se realizan análisis de muestras en el Laboratorio de Campo para monitorear el momento en que se dé el punto óptimo de concentración de sacarosa en cada una de las plantaciones, el método que se utiliza en laboratorio es el de molino de ensayo. La primera programación de cosecha se realiza con cañas diferidas en los meses de agosto-octubre.

La cosecha se realiza en forma semi-mecanizada (corte manual y alce mecánico) en el 80% del área y el otro 20 % se realiza una cosecha manual (corte manual y alce manual) esto debido a lo accidentado de los terrenos, las pendientes y la pedregosidad presente en los terrenos de cultivo, por lo que no es viable una cosecha totalmente mecanizada.

Dentro de los factores que afectan la calidad de la materia prima y que se vigilan constantemente en la cosecha se tienen los siguientes: Control de quema (cuota de cada grupo), frescura, puntas, tallos inmaduros, materia extraña, tierra y piedras, aunado a un buen bulteo. El estimado de producción en el Ejido Cuautlapan; para la zafra 2019-2020 fue de 34,761 T (Superintendencia General de Campo, 2020).

Organización de la cosecha de la caña de azúcar

Para realizar la cosecha; ya obtenido el estimado, se hace un programa semana en el cual se considera tipo de madurez, fecha de siembra, fecha de corte y el resultado obtenido de sacarosa. En el laboratorio de campo, se realiza una selección de toneladas de acuerdo al mayor % de sacarosa. Posterior a esto, se procede a hacer una integración preliminar de grupo, tomando como base el Estimado de Producción definitivo, por lo que se envía al departamento de maduración esta información; que incluye el ejido o sector que conformará el grupo, así como las hectáreas y toneladas a cosechar. Este departamento concentra la información y calcula preliminarmente los recursos de cosecha a utilizar en cada grupo y la cuota diaria y semanal de entrega según sea su volumen de toneladas a cosechar, esto queda tentativo hasta que se integra de manera formal el grupo de cosecha mediante un acta debidamente firmada por todas las partes involucradas, ya teniendo esta acta se ratifican o actualizan los recursos y cuotas de entrega. (Sánchez, 2020).

En la zona de estudio se pretende mejorar la programación de cosecha, ya que la mayor parte de la caña que se corta y llega al ingenio son cañas diferidas y no se cuenta con un manejo adecuado de tipo de madurez. Los parámetros que se utilizan para efecto de selección de las prioridades de corte son: Sacarosa, humedad, reductores y edad de la plantación.



Rentabilidad de la producción de la caña de azúcar en el Ejido Cuautlapan.

SIEMBRAS CICLO 2019/2021		SOCAS Y RESOCAS DEL CICLO 2019/2020	
CONCEPTO	TARIFA \$ HA	CONCEPTO	TARIFA \$ HA.
1.- PREPARACIÓN DE SUBSUELOS		1.- LABORES CULTURALES	
CHAPEO	\$ 1,000.00	SUBSUELO EN CEPAS	\$ 1,050.00
PRIMER SUBSUELO	\$ 1,000.00	FERTILIZACIÓN MECANIZADA	\$ 1,575.00
SEGUNDO SUBSUELO	\$ 1,000.00	1RA. APLICACIÓN FORMULA	\$ 420.00
PRIMERA RASTRA	\$ 1,000.00	1RA. APLICACIÓN HERBICIDA	\$ 420.00
SEGUNDA RASTRA	\$ 1,000.00	2DA. LIMPIA	\$ 2,790.00
SURCO	\$ 1,000.00	CHAPEO DE CALLES	\$ 420.00
SUB-TOTAL	\$ 6,000.00	RESEMBRA	\$ 1,050.00
2.- SIEMBRAS		APLICACIÓN INSECTICIDA	\$ 420.00
CORTE DE SEMILLA	\$ 1,000.00	APLICACIÓN RODENTICIDA	\$ 420.00
ACARREO SEMILLA	\$ 1,000.00	FLETE FERTILIZANTE FORMULA	\$ 315.00
SIEMBRA	\$ 2,800.00	FLETE FERTILIZANTE UREA	\$ 63.00
SUB-TOTAL	\$ 4,800.00	2DA. FERTILIZACIÓN UREA	\$ 210.00
3.- LABORES CULTURALES		SUB-TOTAL	\$ 9,093.00
PRIMER CULTIVO	\$ 1,000.00	2.- RIEGO	
PRIMERA FERTILIZACIÓN	\$ 400.00	CUOTA ANUAL RIEGO	\$ 1,156.00
FLETE PRIMERA FERTILIZACIÓN	\$ 300.00	APLICACIÓN SEIS RIEGOS	\$ 1,260.00
APLICACIÓN INSECTICIDA	\$ 400.00	SUB-TOTAL	\$ 2,416.00
PRIMERA APLICACIÓN HERBICIDA	\$ 400.00	3.- INSUMOS	
SEGUNDA FERTILIZACIÓN	\$ 200.00	VALOR 1ER. HERBICIDA	\$ 997.00
FLETE SEGUNDA FERTILIZACIÓN	\$ 60.00	VALOR FERTILIZANTE FORMULA	\$ 4,400.00
SEGUNDO CULTIVO	\$ 900.00	VALOR FERTILIZANTE UREA	\$ 1,600.00
APLICACIÓN RODENTICIDA	\$ 400.00	VALOR RODENTICIDA	\$ 420.00
SEGUNDA LIMPIA	\$ 2,400.00	VALOR INSECTICIDA	\$ 420.00
TERCERA LIMPIA	\$ 2,000.00	SUB-TOTAL	\$ 7,837.00
PRIMER CHAPEO DE CALLES	\$ 400.00	SEGURO AGRÍCOLA	\$ 500.00
SEGUNDO CHAPEO DE CALLES	\$ 400.00	TOTAL	\$ 19,846.00
SUB-TOTAL	\$ 9,260.00		
4.- INSUMOS			
VALOR SEMILLA	\$ 7,800.00		
VALOR PRIMER HERBICIDA	\$ 950.00		
VALOR FERTILIZANTE FORMULA	\$ 4,200.00		
VALOR FERTILIZANTE UREA	\$ 1,500.00		
VALOR RODENTICIDA	\$ 400.00		
VALOR INSECTICIDA	\$ 400.00		
SUB-TOTAL	\$ 15,250.00		
5.- RIEGOS			
CUOTA ANUAL RIEGO	\$ 1,101.00		
APLICACIÓN 1ER RIEGO-6TO RIEGO	\$ 1,200.00		
SUB-TOTAL	\$ 2,301.00		
SEGURO AGRÍCOLA	\$ 1,200.00		
TOTAL	\$ 38,811.00		

Figura 6. Desglose de los gastos por actividades en los ciclos planta y socas y resocas en el ejido Cuautlapan del Ingenio el Carmen, S.A de C.V., Veracruz.

Como se observa en la figura 6, los costos totales de caña de azúcar desde la plantación hasta el momento de cosecha del ciclo planta, corresponden a **\$ 38,811.00 ha⁻¹**. Asimismo, para las labores de ciclo soca y resocas el valor es de **\$ 19,846.00 ha⁻¹**. El precio de la tonelada final de caña de azúcar en la zafra 2019/2020, donde el Ingenio obtuvo un **KARBE de 101.697**, correspondió a **\$ 807.26 t⁻¹**. Los rendimientos promedio que se obtuvieron en campo en el Ejido Cuautlapan, para el ciclo planta fueron de 70 T ha⁻¹ y para los ciclos socas y resocas fue de 78 T ha⁻¹, lo cual representó a los productores, ganancias netas de **\$ 17,697.00 ha⁻¹** para el ciclo planta. En cambio, para los ciclos

soca y resoca, obtuvieron ganancias netas de **\$ 43,120.28 ha⁻¹** (Cuadro 6). La situación para los productores, de acuerdo con las ganancias indicadas, resulta ser una condición que se basa en los costos de producción y los rendimientos obtenidos en campo en el Ejido Cuautlapan, Ver.

Cuadro 6. Balance financiero de los costos de producción y la obtención de utilidades (pesos mexicanos) en el Ejido Cuautlapan del Ingenio El Carmen, S.A. de C.V., Veracruz

Ciclos	Costo ha ⁻¹	Rendimiento T ha ⁻¹ 2019/2020	Precio por tonelada	Utilidad bruta	Utilidad neta	Punto Equilibrio t caña ha ⁻¹
Planta	38,811.00	70	807.26	56,508.20	17,697.20	48.077
Soca y resoca	19,846.00	78	807.26	55,700.94	43,120.28	24.584
KARBE: 101.697						

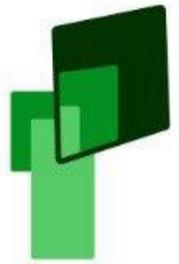
Considerando los resultados económicos obtenidos en el Ejido Cuautlapan para los ciclos planta, soca y resoca, se calcularon los valores de ganancias brutas para las producciones de rendimiento en campo con referencia del posible punto de equilibrio para los ciclos planta, soca y resoca. El cálculo del punto de equilibrio en cada ciclo fue de la manera siguiente: Para el ciclo planta correspondió a **48.077 t ha⁻¹** y para los ciclos socas y resocas de **24.584 t ha⁻¹**. Con estos valores los productores obtuvieron ganancias netas y por debajo pérdidas, para el Ejido Cuautlapan.

Los resultados financieros obtenidos del Ejido Cuautlapan podrían mejorar en un contexto general para incrementar los rendimientos en campo, con puntos importantes tomando en cuenta como son: disminuir los costos de producción, introducir nuevas y mejores variedades resistentes plagas y enfermedades, emplear un manejo integrado de plagas y enfermedades, realizar en tiempo y forma las labores culturales, así como, perfeccionar la fertilización mineral.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio de campo, se presentan las siguientes conclusiones:





-El promedio anual de precipitaciones en el Ejido Cuautlapan es de 242.66 mm, siendo los meses en los que se registra más lluvia de marzo a octubre con un promedio de 340.37 mm y los meses más secos de noviembre a febrero (189 mm) El mes más lluvioso es agosto (521 mm.) y los meses más secos son enero (23 mm) y febrero (23 mm), esto hace referencia que el cultivo de caña de azúcar para el Ejido Cuautlapan se desarrolla sin deficiencias hídricas, favoreciendo su producción y obteniendo un mejor rendimiento en las parcelas que abastecen al ingenio.

-Las temperaturas que se presentan en el Ejido Cuautlapan, Ingenio El Carmen, S.A. de C.V. son: Máxima de 29.00 °C en abril, mínima de 11.03 °C en enero y con temperatura media anual 20.52 °C.

-Los suelos del área de estudio del Ingenio El Carmen son: suelos arcillosos, en un 80% de origen volcánico que corresponde a la unidad de los andosoles ocrícos, texturas arcillosas, franco-arcillosos; predominando los suelos rojos con alto contenido de minerales ferrosos en su mayoría los suelos que presentan buen drenaje; con pH ácido que va de 4.5 a 6.5.

-El balance financiero del Ejido Cuautlapan presenta los costos totales de caña de azúcar desde la siembra y hasta el momento de cosecha del ciclo planta en el Ejido se obtiene un valor de **\$ 38,811.00**. Así mismo para ciclo soca y resocas el valor es de **\$ 19,846.00**. Donde se obtuvo un **KARBE de 101.697** con un precio de **\$ 807.26**. Los rendimientos que se obtuvieron en campo promedio en el Ejido Cuautlapan, para el ciclo planta fueron de **70 t ha⁻¹** y para los ciclos socas y resocas fueron de **78 t ha⁻¹**, da como resultado que los productores tuvieron pérdidas netas de **\$ 17,697.00.**, para ciclo planta y para los ciclos socas y resocas tuvieron ganancias de **\$ 43,120.28** por hectárea. se llegaron a obtener el cálculo del punto de equilibrio en cada ciclo, que para el ciclo planta de **48.077 t ha⁻¹** y para los ciclos socas y resocas de **24.584 t ha⁻¹**. podrían mejorar en un contexto general para incrementar los rendimientos en campo, con puntos importantes tomando en cuenta como son.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar R. N. 2009. Ficha Técnica del Cultivo de Caña de Azúcar. P. 10 a 11. (Disponible en línea en: (http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%9ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA.pdf) (consulta 30 de agosto del 2020).
- Castillo O. R. 2017 Factores que Afectan la calidad de la caña de azúcar. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador(CINCAE). 8p.(Disponible en línea en: file:///C:/Users/liz_b/Downloads/FACTORES AFECTAN LA CALIDAD CAA.pdf) (Consulta 17 de agosto del 2020).
- CENGICAÑA. 2017. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 84 p. www.cengicana.org
- CONADESUCA. 2018. Identificación de paquetes tecnológicos para el cultivo de caña de azúcar en las regiones cañeras de México. Comité Nacional Para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA). México. (Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/396460/Paquete_Tecnologico_vFinal__3.pdf).
- FAO. 2008. Portal de Suelos de la FAO. Propiedades Físicas del Suelo (Disponible en línea en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=La%20textura%20del%20suelo%20se,materia%20org%C3%A1nica%20y%20otras%20propiedades.>)
- Gerencia de campo. 2020. Información interna de producción del cultivo de caña de azúcar en el "Ejido" Cuautlapan del Ingenio El Carmen, S.A. de C.V., Veracruz, México.
- INEGI. 1987. Carta estatal: Geológica, De Suelos, De regionalización Fisiográfica, De climas, De vegetación y uso actual, Escala 1:1, 000,000. Instituto Nacional De Estadísticas Geografía E Información. México.



- Jiménez P.O. 2003. La importancia del cultivo de la caña de azúcar, Monografía. Chiapas. P. 43 (Disponible en línea en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6322/57862%20JIMENEZ%20PEREZ,%20ORBELIN%20%20%20tesis.pdf?sequence=1>) (consulta 17 de agosto del 2020) Aguirre 1987
- Manual Azucarero Mexicano. 2019. Ingenio El Carmen S.A. de C.V. P. Compañía Editora del Manual Azucarero Mexicano, S.A de C. V. pp: 406-408. México.
- SADER. 2015. Veracruz primer productor de caña de azúcar. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (delegación SADER Veracruz). (Disponible en Línea en: <https://www.gob.mx/agricultura%7Cveracruz/es/articulos/veracruz-primer-productor-de-cana-de-azucar>) (Consulta 27 de junio del 2020)
- Sánchez B. E. 2020. Organización de la cosecha de la caña de azúcar. Informe diario de cosecha. Ingenio El Carmen, S. A. de C.V.
- Superintendencia General de Campo.2020. Libro Tipos de Suelos. Ingenio El Carmen. S. A. de C.V. (Consulta 7 de abril del 2020)
- Taxis T. L. 2020a. Registro de Precipitación Pluvial Mensual. Ingenio El Carmen, S. A de C.V. Información de circulación interna.
- Taxis T. L. 2020b. Variedades de caña de azúcar cultivadas en el Ejido Cuautlapan. Ingenio El Carmen, S. A de C.V. Información de circulación interna.

EVALUACIÓN DE DOS PAQUETES COMERCIALES PARA LA ESTIMULACIÓN HORMONAL EN EL CULTIVO DE PIÑA (ANANAS COMOSUS) VARIEDAD MD2.

Sergio Andrés Pérez Ochoa

Universidad Veracruzana
zs16004262@estudiantes.uv.mx

Abimael Efraín Osorio Solís

Universidad Veracruzana
zs16023226@estudiantes.uv.mx

Alma Berenice Morales Guzman

Universidad Veracruzana
almamorales@uv.mx

Roberto Gámez Pastrana

Universidad Veracruzana
mgamez@uv.mx

Yaqueline Antonia Gheno Heredia

Universidad Veracruzana
ygheno@uv.mx

Norma Berzabel Zilli Ponce

Universidad Veracruzana
nzilli@uv.mx

Fecha de recepción: 12/08/2022

Fecha de aprobación: 28/08/2022

69

Resumen

La estimulación hormonal durante el desarrollo del fruto de un cultivo es de vital importancia promoviendo la obtención de frutos de mejor calidad y altos rendimientos en cosecha. Se demostró la importancia de la estimulación hormonal en el cultivo de piña, en la localidad de Palo Miguel, municipio de Cd. Isla, Veracruz. Se realizó la comparación entre dos paquetes comerciales aprobados para su uso en el cultivo de piña (Ananas comosus) Variedad MD2, así como la comparativa con el testigo absoluto para medir la importancia de las hormonas en el incremento en tamaño y peso de los frutos, variables que determinan el rendimiento general del cultivo. El experimento se realizó de septiembre 2020 a febrero 2021, teniendo como unidad experimental 30 plantas por cada paquete comercial y su réplica de testigo absoluto. Los resultados confirman la importancia del uso de hormonas en el cultivo, ya que ambos paquetes comerciales, estadísticamente fueron superiores al testigo absoluto en cuanto al peso y tamaño de los frutos y por ende, en el rendimiento total obtenido. De igual manera, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los dos paquetes comerciales, siendo el paquete tecnológico propuesto por la compañía de agroquímicos Stoller, el que demostró ser más apto para su uso en plantas de piña bajo las condiciones de este experimento.

Palabras clave: Citoquininas, Ananas comosus, estimulación hormonal, producción.

Abstrac

Hormonal stimulation during the development of the fruit of a crop is of vital importance, promoting the obtaining of better quality fruits and high harvest yields. The importance of hormonal stimulation in pineapple cultivation was demonstrated in the town of Palo Miguel, municipality of Cd. Isla, Veracruz. The comparison was made between two commercial packages approved for use in the cultivation of pineapple (Ananas comosus) Variety MD2, as well as the comparison with the absolute control to measure the importance of hormones in the increase in size and weight of the fruits. variables that determine the general yield of the crop. The experiment was carried out from September 2020 to February 2021, having as experimental unit 30 plants for each commercial package and its absolute control replica. The results confirm the importance of the use of hormones in the crop, since both commercial packages were statistically superior to the absolute control in terms of weight and size of the fruits and, therefore, in the total yield obtained. Similarly, significant statistical differences were observed between the two commercial packages, being the technological package proposed by the agrochemical company Stoller, the one that proved to be more suitable for use in pineapple plants under the conditions of this experiment.

Key Words: Cytokinins, Ananas comosus, hormonal stimulation, production

INTRODUCCIÓN

La piña es la segunda fruta tropical más importante del mundo después del mango, esto debido a la gran demanda internacional que principalmente es satisfecha por Costa Rica que es el principal productor y exportador de esta misma a nivel mundial; el 70% de la producción de piña es consumida como piña fresca en el mercado local de donde se produce, siendo solo el 30% de la producción lo que se exporta a países que carecen de producción de esta fruta y el único método para satisfacer su demanda es por medio de la importación. Las exportaciones de piña en el 2019 aumentaron en un 3.1% aproximadamente 100 000 toneladas en comparación al año 2018. Este incremento se dio principalmente a que varios países aumentaron la superficie de siembra por lo cual también aumento su productividad de la fruta; tan solo siendo Filipinas uno de estos países logro cubrir el 20% de la demanda a nivel internacional. La variedad de piña que se importa es la variedad MD2 o mejor conocida aquí en México como piña miel; ya que esta variedad es bien acogida por el mercado chino gracias a sus elevados niveles de grados brix y al hecho de que está disponible durante todo el año. En el año 2019 en México las exportaciones se vieron afectadas debido a las fuertes condiciones climáticas que causaron precipitaciones fuera de lo habitual en la principal zona de producción de piña que es la cuenca del Papaloapan en el estado de Veracruz; el principal estado de México para el cultivo de piña que suministra aproximadamente el 80% de la demanda nacional, perdiendo en ese año 5000 hectáreas de plantaciones. En vista de la fuerte demanda interna los productores dieron prioridad a la distribución nacional, lo que provocó una disminución en las exportaciones del 33.6%. 4 El estado de Veracruz ocupa el primer lugar en la producción de piña en México debido a su extensa superficie sembrada, a los rendimientos de cosecha y al valor agregado de la fruta; tuvo una producción promedio de 634, 227 toneladas en el año 2018. Los reguladores de crecimiento son compuestos sintetizados de manera química que son por lo regular más potentes que los obtenidos de manera natural por lo que es necesario tomar en cuenta aspectos como el momento de aplicación, dosis, condición de la planta etc. Los reguladores de crecimiento son herramientas que son capaces de controlar el crecimiento del fruto o la planta según sea el caso en el que son aplicados. El uso de

hormonas en el cultivo de piña es de efecto positivo ya que potencializa el crecimiento y peso del fruto, obteniendo frutos de mejor calidad; actúan a nivel celular promoviendo así la división y elongación celular que se presenta en el fruto después de sus aplicaciones hormonales, ganando mayor peso y tamaño, haciendo agradable al ojo humano el resultado obtenido.

METODOLOGÍA

El experimento se estableció en la localidad de Palo Miguel municipio de Isla Veracruz, en el rancho que tiene por nombre "El 50". El municipio de Isla Veracruz se localiza entre los paralelos 17° 53' y 18° 22' de Latitud Norte y los meridianos 95° 22' y 95° 44' de Longitud Oeste con una altitud entre 10 y 200 msnm. El rango de temperatura del municipio está entre 24 a 28°C y un rango promedio de precipitación entre 1,100 y 1600 mm con clima clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (García, 2004). El sitio pertenece a la Región hidrológica del Papaloapan con geología de depósitos recientes y uso de suelo de selva alta perennifolia y pastizal cultivado, sin embargo, el municipio reporta un 42% de uso del suelo para la agricultura, pastizal del 46% y tular del 1%, además cuenta con relieve de llanura aluvial costera inundable y la unidad de suelo predominante es Gleysol (INEGI, 2005; AMG, 2011).

Para el periodo de evaluación del estudio se abarcó, del siete de septiembre de 2020 (10 días después de la última aplicación para la inducción floral) al 14 de febrero de 2021 con la cosecha del cultivo de piña.

Se utilizaron 90 plantas de piña con un año de sembradas de la variedad MD2 o piña miel, ya que es la de mayor valor comercial. Los productos comerciales evaluados fueron: 1) N-large (ácido giberélico), 2) X-cyte (Citoquininas), 3) Piñone (Ácido propionico) y 4) X-plendor (citoquininas), la aplicación de estos productos se decidió basada en el uso comercial por parte de los productores de la zona. Se evaluaron tres tratamientos en piña MD2: T1: Paquete tecnológico recomendado por la empresa Stoller, T2: Testigo comercial que consistió en productos utilizados de manera recurrente por productores piñeros de la zona de influencia de este estudio (X-plendor de la marca Agrosience más la aplicación de Piñone, de la marca Agricura) y T3: Testigo absoluto (Cuadro 1).



Cuadro 1. Tratamientos evaluados en piña (*Ananas comosus*) variedad MD2 en Isla, Veracruz

Tratamiento	Descripción
T1	Productos de la marca Stoller
T2	Testigo comercial
T3	Testigo absoluto

Cada tratamiento con 93 repeticiones. La aplicación de los tratamientos se desarrolló siguiendo las indicaciones técnicas de los productos y se describen a continuación: Tratamiento 1: De acuerdo a la ficha técnica del producto, a los 10 días después de la última inducción floral realizada al cultivo, se realizó la aplicación de 3 litros del producto X-Cyte, diluido en 3000 litros de agua, aplicados por aspersión foliar al cultivo (cuadro 2).

Cuadro 2. Momentos de aplicación, productos y dosis por hectárea del tratamiento 1

Momento de aplicación	Producto	Dosis	Volumen de agua	Superficie de aplicación
Diez días después de la última carburación	X-Cyte	3 L/ha.	3000 L	1 ha
80 días después de la última carburación	N-Large	2 L/ha.	3000 L	1 ha
95 días después de la última carburación	N-Large	2 L/ha.	3000 L	1 ha

Transcurridos 80 días después de la inducción floral realizada al cultivo y como parte del tratamiento 1, de acuerdo a lo recomendado por la literatura, se realizó una segunda aplicación hormonal a las plantas de piña, a base de ácido giberélico aportado por el producto comercial N-Large, fabricado por la empresa Stoller y siguiendo las recomendaciones emitidas por el fabricante, se aplicaron 2 litros del producto, diluido en 3,000 litros de agua, mismos que fueron aplicados por medio de aspersión foliar a las plantas de este tratamiento. Para finalizar, alcanzando los 95 días de la inducción se realizó la tercera y última aplicación del tratamiento Stoller repitiendo la dosis de 2 litros de N-large en un volumen de 3,000 litros de agua para un área de 1 ha o 30,000 plantas. Tratamiento 2. Utilizando los productos del testigo comercial y siguiendo las indicaciones de las fichas técnicas de los productos y cultura de aplicación de los productores en la zona de estos productos alcanzando los 80 días de la inducción, en un volumen de agua de 3000 litros se mezclaron los productos X-plendor y Piñone CPA, con dosis de 4 litros de X-plendor y 500 mL de Piñone CPA, realizando una sola aplicación (Cuadro 3).



Cuadro 3. Momentos de aplicación de tratamiento 2 como testigo comercial

Momento de aplicación	Producto	Dosis	Volumen	Superficie de aplicación
80 días después de la última carburación	X-plendor	4 L/ha	3000 L	1 ha
80 días después de la última carburación	Piñone CPA	500 mL/ha	3000 L	1 ha

Tratamiento 3. A las plantas destinadas para el tratamiento 3, no se les realizó ninguna aplicación hormonal, solo tuvieron el manejo nutricional y fitosanitario de la misma forma que se realizó en las plantas de los tratamientos 1 y 2. Se utilizó un diseño completamente al azar (Figura 1); la unidad experimental consistió en una planta de piña la cual estaba sembrada a una distancia entre planta de 40cm y entre surcos de 1.1m; se usaron 30 repeticiones por tratamiento, utilizándose un total de 90 plantas por todo el experimento.

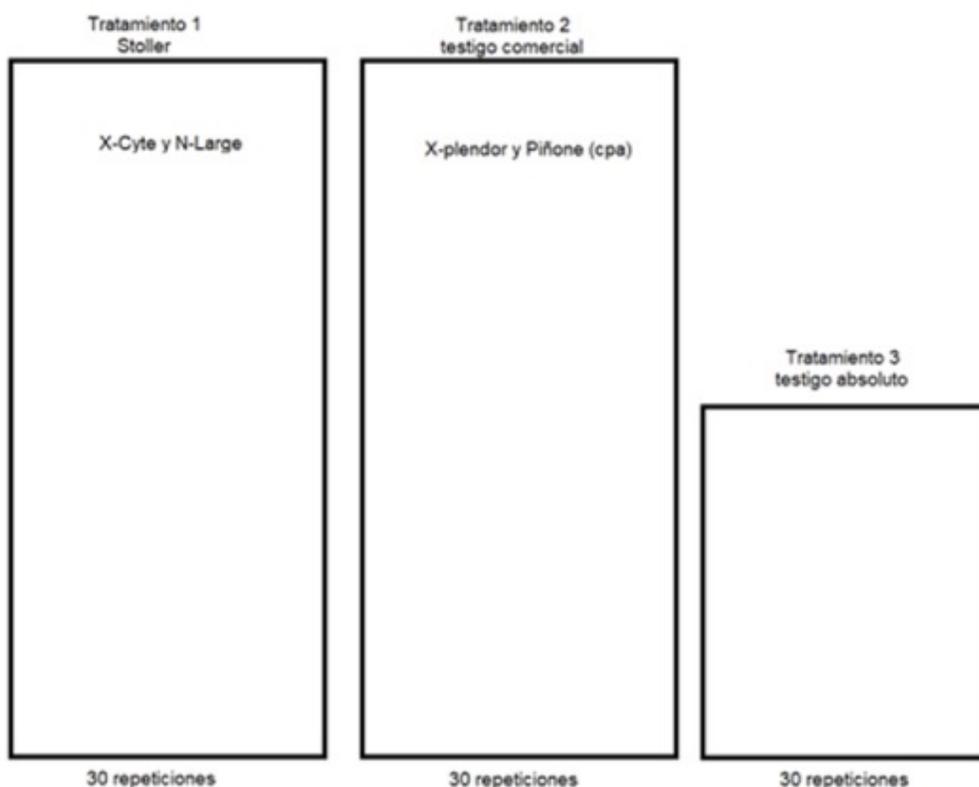


Figura 1. Croquis de la distribución de los tratamientos

Los datos se analizaron con el programa estadístico R Commander versión R x64 4.0.5, con 2 grados de libertad entre grupos y 90 grados dentro de grupos. Para la comparación de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. Dado que el manejo hormonal en el cultivo de piña, tiene como finalidad incrementar las características físicas del fruto, se consideraron variables agronómicas que se describen a continuación: 1. Peso del fruto: Transcurrido el tiempo para que los frutos alcanzaran la madurez comercial, se realizó la cosecha de manera manual y se procedió a pesar aleatoriamente los frutos de 30 plantas diferentes de cada uno de los tratamientos, para lo cual se utilizó una báscula electrónica marca Truper. 2. Longitud del fruto: Para realizar la medición de la longitud de los frutos, se utilizó una regla graduada en cm con la que se midieron los frutos desde la punta de la corona hasta la base del tallo del fruto. 3. Rendimiento total del cultivo: Una vez cosechados los frutos en su totalidad, se realizó el pesaje en la báscula local de Cd. Isla. Veracruz, tal y como se realiza de manera local para proceder a la comercialización de la fruta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo de la investigación fue posible observar que con la aplicación de hormonas en el momento adecuado para la división celular se obtuvo un mejor resultado en la formación y desarrollo del fruto, ya que, ayuda en la formación del embrión y a la apariencia visual del fruto desde el inicio hasta el final, por lo que fue evidente notar una diferencia entre tratamientos. El comportamiento de las plantas del testigo absoluto, mostraron una gran desventaja visual en tamaño y peso en comparación con las plantas tratadas con hormonas, tanto el testigo comercial como con las plantas tratadas con productos de la marca Stoller, mismas que después de la segunda y tercera aplicación del tratamiento mostraron una elongación más lenta con referencia al testigo comercial utilizado por productores de la región; sin embargo, para el cierre del experimento, las plantas tratadas con productos Stoller tuvieron una mejor apariencia visual tanto en el tamaño de la corona, el tamaño del ojo, mismos que eran más grandes, mejor formados y tuvieron un llenado mejor, con respecto a los dos tratamientos restantes. Es importante mencionar que durante el desarrollo del experimento no se presentaron problemas



fitosanitarios y todos los tratamientos tuvieron el mismo manejo agronómico tanto nutricional como de protección de cultivo. Se observó diferencia altamente significativa entre los tratamientos en peso del fruto (Cuadro 4); la comparación de medias muestra que el tratamiento uno: X-Cyte y N-Large presentó el mejor peso promedio del fruto con 2.58 kg y el promedio del testigo absoluto fue el menor (0.65 kg) representando únicamente el 25% del mejor tratamiento; el tratamiento dos (Piñone y X-plendor) observó el promedio intermedio con 2.34 kg (Cuadro 5). Estos resultados indican el efecto positivo de los estimulantes hormonales en el cultivo de la piña particularmente en la variedad MD2.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable peso del fruto

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F value	Pr(>F)
Entre grupos	2	68.24	34.12	232.8	2x10 ⁻¹⁶ ***
Dentro de grupos	90	13.19	0.15		
Total	92	81.426			

Cuadro 5. Peso de fruto en piña MD2 evaluada en Isla, Veracruz

Tratamiento	Peso (kg)
T3- Testigo absoluto	0.65 ^c
T2- Piñone y X-plendor	2.34 ^b
T1- X-Cyte y N-Large	2.58 ^a
EE±	0.38

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas, en el cuadro 8, se expresa el promedio de pesos de los frutos por cada tratamiento, permitiéndonos así tener un aproximado del rendimiento general y total de cada uno de los tratamientos, además resaltando que existen diferencias significativas entre ellos en la variable más importante para este experimento que es el peso. Se observó diferencia altamente significativa entre los tratamientos en la variable longitud del fruto (Cuadro 6); la comparación de medias muestra que los tratamientos uno y dos (Stoller y CPA - X-plendor) resultaron estadísticamente iguales con un promedio de 33.72 cm, siendo este valor superior en 31% al



testigo el cual presentó la menor longitud con 23.16 cm (Cuadro 7). Nuevamente se observa el efecto positivo de los productos usados como tratamientos en el cultivo de la piña variedad MD2.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la variable longitud del fruto

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F value	Pr(>F)
Entre grupos	2	2348.54	1174.27	39.57	4.67x10 ⁻¹³ ***
Dentro de grupos	90	2670.58	29.67		
Total	92	5019.12			

Cuadro 7. Longitud de fruto en piña MD2 evaluada en Isla, Veracruz

Tratamiento	Longitud (cm)
T3-Testigo absoluto	23.16 ^b
T2-CPA y X-plendor	32.90 ^a
T1- Stoller	34.55 ^a
EE±	3.03

Respecto a la variable rendimiento total de piña variedad MD2 se observa que para el tratamiento 1 la cosecha total fue de 77,400 kg, mientras que con el testigo comercial (tratamiento dos) se obtuvo un rendimiento total de 70,200 kg y el testigo absoluto presento un rendimiento total de 6,500 kg siendo este el rendimiento menor (Cuadro 8). Actualmente, en la zona de influencia del desarrollo del experimento se tiene rendimientos promedios de 65,034 kg de acuerdo a productores de la zona, lo cual demuestra que el uso de hormonas en el desarrollo del cultivo de piña es favorable, además recalcando una vez más que el tratamiento uno es quien obtiene los mejores resultados, para esta variable evaluada.

Cuadro 8. Rendimiento total de piña variedad MD2

Tratamiento	Media de peso	Numero de repeticiones	Rendimiento total
Tratamiento 1	2.58 ^a	30	77,400 kg
Tratamiento 2	2.34 ^b	30	70,200 kg

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el experimento y realizados los respectivos análisis estadísticos y de acuerdo a las hipótesis planteadas, se concluye que: No se acepta la hipótesis nula (H_0) sino la alterna (H_a) debido a que al menos un tratamiento mostró diferencia estadística significativa en las tres variables evaluadas en piña variedad MD2 y principalmente en el rendimiento total. El rendimiento del cultivo de piña varía al incorporar hormonas en el manejo agronómico, ya que, de acuerdo a los análisis estadísticos, las plantas del testigo absoluto tanto para los variables peso y longitud fueron estadísticamente inferiores a los tratamientos uno y dos. El rendimiento de piña MD2 varió al incorporar hormonas en el manejo agronómico ya que, de acuerdo a los análisis estadísticos realizados y las observaciones visuales a lo largo del experimento, se concluye que el cultivo de piña responde favorablemente incrementando el peso y tamaño de los frutos, así como su rendimiento total en aquellas plantas en las que fue aplicado el testigo comercial y los productos de la compañía Stoller. Se obtuvo un mucho mejor resultado visual en el producto final con el paquete nutricional de Stoller y en el llenado de la pulpa del fruto también se obtuvo un mejor resultado al presentar diferencia en el tratamiento de Stoller, además de un mejor llenado total de la piña, mejor sabor y mejor desarrollo, aunque estas no fueron variables evaluadas. Se observó que independiente del testigo absoluto, entre los productos aplicados a la piña, hubo efecto diferente en las variables peso y longitud del fruto, por ejemplo, los frutos de las plantas tratadas con productos Stoller tuvieron un mayor peso impactando directamente en el rendimiento total del cultivo con referencia al testigo absoluto y la testigo comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carnelos, Danilo, Lozano-Miglioli, Jorge, Giardina, Ernesto, Tognetti, Jorge, & Benedetto, Alberto Hugo di. (2022). Reanálisis de la acción de la citoquinina: los cambios anatómicos de la hoja juegan un papel clave en la promoción del crecimiento impulsada por la 6-bencilaminopurina en lechuga cultivada en maceta. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 28(2), 109-133. Epub 01 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2021.07.015>





- Villanueva, Fabiola, Ávila, M, Mansilla, Andrés, Abades, S, & Cáceres, J. (2013). EFECTO DE AUXINAS Y CITOQUININAS EN EL CULTIVO DE TEJIDO DE AHNFEITIA PLICATA (HUDSON) FRIES, 1836 (AHNFELTIALES, RHODOPHYTA) DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 41(1), 99-111. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2013000100009>
- AMR. 2011. Atlas Municipal de Riesgo. Nivel básico, Isla. (Disponible en: <https://issuu.com/uliseszl64/docs/isla>) (Consulta: 23 de mayo del 2021).
- INEGI. 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Isla, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30077. Marco Geoestadístico Municipal, versión 3.1. (Disponible en: <https://docplayer.es/11013728-Prontuario-de-informacion-geograficamunicipal-de-los-estados-unidos-mexicanos-isla-veracruz-de-ignacio-de-lallave-clave-geoestadistica-30077.html>) (Consulta: 21 de mayo del 2021).
- García E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 90 p.
- Agronet. (2006). Aspectos generales de la piña. Obtenido de Biblioteca digital: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4146/1/Aspectos%20generales%20de%20la%20pina.pdf>
- Agroterra. (11 de marzo de 2016). El acaro rojo, un problema para los cítricos. Obtenido de Agroterra: <https://blog.agroterra.com/descubrir/el-acaro-rojo-unproblema-para-los-citricos/79040/>
- Apolo-Arevalo, L. A. (diciembre de 2015). Crianza del grillo como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Hembra-Adulta-de-Achetadomesticus_fig2_295919590
- Arellano, G., & Vergara, C. (2 de diciembre de 2015). PLAGAS ENTOMOLÓGICAS Y OTROS ARTRÓPODOS EN EL CULTIVO DE LA PIÑA. Obtenido de Ecología Aplicada: <https://www.redalyc.org/pdf/341/34143179010.pdf>
- Basantes, A. S., & Chasipanta, U. J. (2012). Determinación del requerimiento nutricional del fósforo sobre la indicación floral en el cultivo de piña. Obtenido de Repositorio: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8021/1/T-ESPE-IASA%20I-004680.pdf>
- Bustamante, A. V. (2019). Guía dinámica de plagas y enfermedades. Obtenido de DocPlayer: <https://docplayer.es/88284695-Guia-dinamica-de-plagas-y-enfermedades-asociadas-a-inicio.html>
- 67 Espinoza- Rodríguez, C. J. (19 de Julio de 2014). Etiología de la pudrición del cogollo de la piña (*Ananas comosus*. L. Merrill) cultivar MD2 en Isla, Veracruz, México. Obtenido de Revista Mexicana de Fitopatología: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v33n1/2007-8080-rmfi-33-01-00104.pdf>



- FAO. (2020). Analisis del mercado de las principales frutas tropicales de 2019. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/cb0834es/CB0834ES.pdf>
- FAO. (2020). Las principales frutas del mercado Analisis del mercado 2018. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/ca5692es/CA5692ES.pdf>
- Fichet, T. B.-M. (octubre de 2020). ¿Pueden las citoquininas de síntesis ayudar a mejorar la producción en palto? Obtenido de Redagricola: <https://www.redagricola.com/cl/pueden-las-citoquininas-de-sintesis-ayudar-amejorar-la-produccion-en-paltos/>
- González, J. (2018). El Cultivo de la Piña. Obtenido de AgroTendencia: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-pina/>
- Hernandez, J. M. (octubre de 2003). El Cultivo de la Piña (*Ananas Comosus*) (L) Merr. En el Sur de Mexico. Obtenido de Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro": [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1269/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20PI%20D1A%20\(Ananas%20comosus\)%20\(L\)%20Merr.EN%20EL%20SUR%20DE%20MEXICO.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1269/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20PI%20D1A%20(Ananas%20comosus)%20(L)%20Merr.EN%20EL%20SUR%20DE%20MEXICO.pdf?sequence=1)
- INTAGRI. (octubre de 2018). Manejo del barrenador del fruto en el cultivo de piña. Obtenido de INTAGRI: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejodel-barrenador-del-fruto-en-el-cultivo-de-pina>
- Koppert. (10 de enero de 2021). ¿Cómo identificar a un trips intruso? Obtenido de Koppert biological systems: <https://www.koppert.mx/noticias-item/como-identificar-a-un-trips-intruso/>
- Lopez, H. (10 de Julio de 2016). Ciclo biologico del picudo negro. Obtenido de El picudo negro: <http://elpicudonegro.com/web/biologia-el-picudo-agave/>
- Lozano, J. F., & Budde, C. O. (octubre de 2017). Variedades de Anana que se ofertan en Argentina. Obtenido de Actual fruveg: <https://actualfruveg.com/2017/10/11/variedades-de-anana-que-se-ofertan-en-el-mercado-central-de-buenos-aires/>
- Malézieux, E., Zhang, J., Sinclair, E., & Bartholomew, D. (July de 1994). Agronomic Models. Obtenido de Online Library: <https://access-onlinelibrary-wiley-com.ezproxy.uv.mx/doi/epdf/10.2134/agronj1994.00021962008600040006x>
- Mercado-Ruiz, J., & Toledo-Ortiz, O. (2 de diciembre de 2019). Calidad Comercial de Piña MD2 (*Ananas Comosus* L.) Tratada en postcosecha con Ácido 2- Hidroxibenzoico. Obtenido de Revista Ibero Americana de Tecnologia Postcosecha: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81361553004/81361553004.pdf>
- Monge Muñoz, M. (2018). Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña. Obtenido de Universidad Earth Costa Rica: http://cica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/11/Manual-de-plagas-Pi%C3%B1a-CICA-08-10-20191_compressed.pdf



- Pech Poot, M. (2020). Langosta centroamericana. Obtenido de Grupo Interamericano de Coordinación en Sanidad Vegetal: [http://apps.iica.int/GICSV/programas/SanidadVegetal/archivos/Langosta/Ficha %20T%C3%A9cnica%20Langosta%20centroamericana%20\(GICSV\).pdf](http://apps.iica.int/GICSV/programas/SanidadVegetal/archivos/Langosta/Ficha_%20T%C3%A9cnica%20Langosta%20centroamericana%20(GICSV).pdf)
- REDAZIONE. (17 de febrero de 2020). Que es la bromelaina y para qué sirve. Obtenido de innaturale: <https://www.innaturale.com/es/que-es-la-bromelaina-y-para-que-sirve/>
- Revista Mexicana Ciencias Agrícolas . (11 de noviembre de 2020). Estudio técnicoeconómico para identificar áreas con potencial para producir piña en el trópico húmedo de México. Obtenido de Revista Mexicana Ciencias Agrícolas: <file:///C:/Users/Hp/Downloads/2594-Texto%20del%20art%C3%ADculo-16732-1-10-20201102.pdf>
- Rodriguez, R., & Becquer, R. (agosto de 2016). Producción de frutos de piñas (Ananas Comosus(L.)Merr.) MD-2 a partir de vitroplantas. Obtenido de INCA: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37s1/ctr06s116.pdf>
- Rosas Turrent, E. (08 de marzo de 2016). Leyenda tuxtleca sobre los pepes y las tortolitas. Obtenido de Blogger: <http://afrarodriguez.blogspot.com/2016/03/lospepes-y-las-tortolitas-eduardo.html>
- SAGARPA. (junio de 2017). Planeación Agrícola Nacional, Piña Mexicana. Obtenido de GOB: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257084/Potencial-Pi_a.pdf
- Sanchez, H., & Acevedo, G. (2015). Producción de Piña Cayena Lisa y MD2 (Ananas comosus L.) en condiciones de Loma Bonita, Oaxaca. Obtenido de Ecorfan: https://www.ecorfan.org/handbooks/CienciasBIOT_I/Handbook_Biologia_y_Agronomia_T1_V1_109_119.pdf
- Serrato, G. J. (2016). Establecimiento y manejo de un cultivo de piña en la sede de asociación de ingenieros agrónomos del llano en villavicencio. Obtenido de Repositorio: <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/341/1/Establecimiento%20y%20manejo%20de%20un%20cultivo%20de%20pi%C3%B1a.pdf>
- SIAP. (2018). Intención Cosecha Perenne Cultivo 2018. Obtenido de SAGARPA: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intencion/Intencion_cosechaPerenne_cultivo2018.pdf
- SIAP. (diciembre de 2019). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Obtenido de SIAP: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Stoller. (28 de febrero de 2019). Uso de reguladores de crecimiento para mejorar la calidad de la piña. Obtenido de Stoller Academy Blog : <https://fisiologiavegetal.es/2019/02/uso-de-reguladores-de-crecimiento-para-mejorar-la-calidad-de-la-pina/>
- Tejada, M. C. (2015). Cargamento de piñas dominicanas interceptado en Filadelfia estaba infectado de comejenes. Obtenido de Neoyorkinos: <https://neoyorkinos.com/cargamento-de-pinas-dominicanas-interceptado-en-filadelfia-estaba-infectado-de-comejenes/new-york/>

- UNCTAD. (junio de 2015). Piña. Obtenido de Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo: https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM_cp09_Pineapple_es.pdf
- Uriza-Avila, D., Avila-Torres, A., Avila-Aguilar, J., Santoyo-Cortés, V., Lezama-Zetina, R., & Martinez-Rebolledo, A. (Julio de 2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. Obtenido de Colección Trópico Húmedo: <http://ciestaam.edu.mx/publicaciones2018/libros/pinia-mexicana-frente-al-reto-de-la-innovacion.pdf>
- Vera Bustamante, A. (2018). Guía dinámica de plagas y enfermedades. Obtenido de DocPlayer : <https://docplayer.es/88284695-Guia-dinamica-de-plagas-y-enfermedades-asociadas-a-inicio.html>
- Veracruz, D. S. (30 de Marzo de 2020). La reina de Veracruz, la piña. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/agricultura/veracruz/es/articulos/consumepina?idiom=es#:~:text=comamos%20en%20exceso.,El%20estado%20de%20Veracruz%20ocupa%20el%20primer%20lugar%20en%20actividad,de%20634%20mil%202-27%20toneladas>.
- Williams, P. (06 de Julio de 2011). *Elaphria nucicolora*. Obtenido de Butterflies and Moths of North America: <https://www.butterfliesandmoths.org/species/Elaphria-nucicolora>



EFECTO DEL APROVECHAMIENTO FORESTAL EN LA DIVERSIDAD DE EPÍFITAS VASCULARES EN UN FRAGMENTO DE BOSQUE DE PINO-ENCINO DEL MUNICIPIO DE TEQUILA, VERACRUZ, MÉXICO.

Israel Pérez Gínez

Universidad Veracruzana
zs15004314@estudiantes.uv.mx

Norma Berzabel Zilli Ponce

Universidad Veracruzana
nzilli@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández

Universidad Veracruzana
kbanuelos@uv.mx

María del Carmen Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana
mararenas@uv.mx

Roberto Gámez Pastrana

Universidad Veracruzana
mgamez@uv.mx

Guillermo Vázquez Domínguez

Universidad Veracruzana
guvazquez@uv.mx

Yaqueline Antonia Gheno Heredia

Universidad Veracruzana
ygheno@uv.mx

Fecha de recepción: 13/08/2022

Fecha de aprobación: 30/08/2022

Resumen

Las plantas epífitas vasculares al depender de un hospedero forestal son susceptibles a las perturbaciones o cambios antropogénicas. Se analizó el efecto del manejo forestal en la diversidad de epífitas vasculares de un fragmento de bosque pino-encino en el municipio de Tequila, Veracruz. Probándose que el tipo de aprovechamiento forestal modifica las condiciones ambientales que favorecen el establecimiento de epífitas vasculares, por lo tanto, la riqueza de especies será distinta entre el bosque, encinera activa, encinera abandonada y la plantación forestal. Se identificaron 30 especies de Pteridophytas y grupos afines, agrupadas en seis familias; siendo la Polypodiaceae la más diversa (19 especies). También se identificaron 35 especies de Angiospermas, agrupadas en cinco familias; siendo Bromeliaceae (14 especies) y Orchidaceae (12 especies) las más diversas. En cuanto al efecto del manejo forestal, el bosque tuvo la mayor proporción de diversidad de epífitas (89%), encinera activa (54%) y encinera abandonada (38%), mientras que en la plantación solo se registró el 2% de riqueza. Para propósitos de manejo forestal, los sitios de bosque deben conservarse para garantizar la persistencia del germoplasma de las poblaciones de epífitas vasculares.

Palabras clave: epífitas, vasculares, pino-encino, aprovechamiento forestal.

Abstrac

Vascular epiphytic plants, depending on a forest host, are susceptible to anthropogenic disturbances or changes. The effect of forest management on the diversity of vascular epiphytes in a fragment of pine-oak forest in the municipality of Tequila, Veracruz, was analyzed. Proving that the type of forest use modifies the environmental conditions that favor the establishment of vascular epiphytes, therefore, the richness of species will be different between the forest, active oak, abandoned oak and forest plantation. 30 species of Pteridophytas and related groups, grouped into six families, were identified; being the Polypodiaceae the most diverse (19 species). 35 species of Angiosperms, grouped into five families, were also identified; being Bromeliaceae (14 species) and Orchidaceae (12 species) the most diverse. Regarding the effect of forest management, the forest had the highest proportion of diversity of epiphytes (89%), active oak (54%) and abandoned oak (38%), while in the plantation only 2% of richness was recorded. For forest management purposes, forest sites should be conserved to ensure the persistence of vascular epiphyte germplasm populations.

Keywords: epiphytes, vascular, Oak, forest use.

INTRODUCCIÓN

Los bosques han sido manejados de manera tradicional por poblaciones locales, para obtener leña y madera, se ocupan en la ganadería y utilización de acuíferos, extracción de tierra, además de actividades recreativas, fragmentando la cubierta forestal (Encina, Zárate, Estrada, Valdés & Villarreal, 2009). Unas de las consecuencias ambientales del aprovechamiento forestal son la pérdida de diversidad biológica, fomento de la erosión entre otras (Fregoso, Velázquez, Bocco & Cortéz, 2001). Krömer, García & Toledo (2014) señalan que uno de los grupos más susceptibles a la destrucción y fragmentación de los hábitats boscosos son las plantas epífitas vasculares. Estas plantas crecen adheridas a los troncos y ramas de árboles y arbustos, sin causar daño vascular al hospedero (Granados, López, Hernández & Sánchez, 2003). El establecimiento de las epífitas depende de las características del árbol huésped como la especie, arquitectura, el tamaño, la edad y el tipo de corteza; así como la variación microclimática, que determinan la estratificación vertical desde la parte alta del dosel hacia el interior del bosque (Jiménez, Roblero, Martínez, Ocampo & Gallardo, 2017). Las epífitas contribuyen significativamente, a la biodiversidad de los trópicos, ya que constituyen hasta 40 % de la flora de una zona tropical, y 10% de todas las plantas vasculares del mundo (Gentry & Dodson, 1987; Mora, Estrada, Pando, de la Rosa Manzano & Jurado, 2018). Las epífitas son importantes en la dinámica de comunidades, porque debido a su distribución vertical, en los troncos de los árboles, ofrecen una variedad de nichos y recursos que son aprovechados por diversos grupos de organismos, contribuyendo a la biodiversidad en las comunidades (Ceja, Espejo, López, García & Mendoza, 2008). Se puede asumir que los árboles son los elementos principales del funcionamiento y la estructura ecosistémica (Méndez, Mora, Alanís, Jiménez, Aguirre, Treviño & Pequeño, 2018).

En México existe La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) (2018) la cual se encarga de impulsar la silvicultura, el manejo y el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, para que contribuyan con bienes y servicios que aseguren el mejoramiento de la calidad de vida de la población, con la participación corresponsable de los propietarios y legítimos poseedores de terrenos forestales. De igual manera es aprobado por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (1988). Aparicio (2009) resume el aprovechamiento forestal sustentable

como: "La formulación e implementación de planes que ayuden a controlar y regular el aprovechamiento y uso sostenible de servicios específicos y/o a promover y mantener las funciones forestales del bosque a través de medidas silviculturales y de protección que se aplican a varias intensidades con el objetivo de mantener o aumentar el valor social, ecológico y económico de las generaciones presentes y futuras del recurso forestal bajo manejo". Pero cuando se practican actividades como el cambio de uso de suelo, tala clandestina, incendios forestales, prácticas de extracción no controlada, aprovechamiento ilegal de productos forestales no maderables; se están cometiendo ilícitos forestales, contribuyendo al deterioro y desgaste sistemático del potencial ecológico productivo y económico de los bosques de México (PROFEPA, 2015).

El presente trabajo evalúa el aprovechamiento forestal sobre la diversidad de plantas epífitas vasculares. Ya que las epífitas vasculares son buenos modelos de estudio como lo menciona Pincheira, Hernández, Saldaña, Peña & Aguilera (2016) porque: "dependen casi exclusivamente de los árboles del bosque para su supervivencia, presentan respuestas diferenciadas a los gradientes ambientales, convirtiéndolos en buenos indicadores del estado ecológico y la dinámica del ecosistema forestal y constituyen grupos funcionales que pueden ser claramente diferenciados, lo que significa que su representación diferenciada en el paisaje marcaría el diferente funcionamiento de las estructuras comunitarias". Para hacer esta evaluación se registró la presencia/ausencia de todas las especies de epífitas vasculares (Acebey, López Acosta, Tejero & Krömer, 2017). En la Sierra de Zongolica se han llevado a cabo estudios botánicos, en su mayoría de tipo etnobotánico, siendo pocos los que contribuyen al conocimiento de la vegetación de la región (Castillo, 2013).

El área de estudio se encuentra ubicado en la localidad de Tolapa perteneciente al municipio de Tequila, Veracruz, en las aproximaciones de la Universidad Veracruzana Intercultural (UVI-GM). En la cual predomina la vegetación pino-encino. Para hacer esta evaluación se compararon zonas, las cuales presentan un aprovechamiento forestal diferente, denominándolas como: bosque (BOS): el cual es un bosque natural., Plantación de *Pinus patula* Schltdl. & Cham. (PLA): la cual es aprovechada para la producción forestal maderable., Encinera activa (EAC): es aprovechada en la producción de carbón vegetal., Encinera abandonada (EAB): la cual había sido aprovechada hace más de tres décadas, en la producción de carbón vegetal, no está siendo aprovechada en la

actualidad. Los sitios mencionados presentan una utilización por parte de los locatarios la cual es el leño para consumo propio. Es importante mencionar que el aprovechamiento en los sitios Bosque (BOS), Encinera activa (EAC) Encinera abandonada (EAB) no están bajo un manejo sustentable, si no de forma irregular, la Plantación (PLA) comenzó siendo un programa sustentable de gobierno, pero al pasar de los años el programa concluyó, solo tecnificando al propietario.

El bosque (BOS) y encinera activa (EAC) presentan una heterogeneidad en la masa arbórea y los sitios plantación (PLA) y encinera abandonada (EAB) presentan una homogeneidad en su masa arbórea. Una sección del sitio del bosque (BOS) se utilizó para ser un potrero. Los sitios presentan diferencias en la topografía. Para el análisis de las plantas epífitas vasculares se registró la presencia-ausencia entre los sitios antes descritos, para saber cómo las prácticas del aprovechamiento forestal actúan sobre la diversidad local de las plantas epífitas vasculares, ya que este tipo de organismo depende mucho de las características del hospedero y otras condiciones las cuales son modificadas en el aprovechamiento de los recursos forestales. El muestreo se realizó durante todo el año del 2020 ya que la riqueza de epífitas vasculares para la vegetación pino-encino es menor en comparación con otro tipo de vegetación más húmeda como lo es el Bosque tropical subcaducifolio, Bosque mesófilo de montaña, o el Bosque tropical perennifolio.

METODOLOGÍA

Ubicación del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en el barrio de Tolapa, a un lado de la Universidad Veracruzana Intercultural sede grandes montañas (UVI-GM), perteneciente al municipio de Tequila, Veracruz. Cerca de Latitud 18°44'32.63"N, Longitud 97° 5'35.93"O y Latitud 18°44'36.78"N, Longitud 97° 5'21.03"O.

La localidad de Tolapa pertenece al Municipio de Tequila, Veracruz, encontrándose a una altitud de 1744 metros, ubicado a 1.9 kilómetros (en dirección Suroeste), de la Cabecera municipal.



El municipio de Tequila, Veracruz de Ignacio de la Llave; se encuentra entre los paralelos 18° 42' y 18° 48' de latitud Norte; los meridianos 96° 57' y 97° 08' de longitud Oeste; altitud entre 600 y 2 700 msnm. Ocupa el 0.14% de la superficie del estado (INEGI, 2009). Colinda al Norte con los municipios de San Andrés Tenejapan, Magdalena, Ixtaczoquitlán y Naranjal; al Este con los municipios de Naranjal y Zongolica; al Sur con los municipios de Zongolica, Los Reyes y Atlahuilco; al Oeste con los municipios de Atlahuilco, Soledad Atzompa, Rafael Delgado y San Andrés Tenejapan (INEGI, 2009). El Municipio de Tequila, Ver, se encuentra dividido en 29 Comunidades y 13 Barrios (AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL TEQUILA, VERACRUZ., 2018-2021), con una población total de 16,843; hombres 8,236 mujeres 8,607 (SIEGVER, 2020).

Descripción de los sitios de muestreo

El área de estudio es de aproximadamente 55 hectáreas, la cual se dividió en cuatro sitios: bosque (BOS), plantación (PLA), encinera activa (EAC), encinera abandonada (EAB) (Figura 4). BOS: cuenta con aproximadamente 17 hectáreas. Se ubica en la parte Este del área de estudio en las coordenadas, latitud: 18°44'39.35"N, longitud: 97° 5'17.53"O. Un transecto que recorra todo el sitio tiene una elevación donde la más baja va de los 1649 msnm y la parte más elevada es de 1739 msnm. Existe una amplia vegetación de la cual se podría mencionar la presencia de *Liquidambar styraciflua* L., *Alnus acuminata* Kunth (elite), *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth. (huizache), *Trema micrantha* (L.) Blume (ixpepel), *Brunellia mexicana* Standl. (calehua), *Heliocarpus donnellsmithii* Rose (jonote), presencia de helechos arborescentes de la especie *Cyathea fulva* (M. Martens & Galeotti) Fée. Resulta relevante mencionar que la cuarta parte del sitio tiene una sombra constate, por la pendiente muy pronunciada en la parte Sur del sitio. Se ha reportado que la sombra provocada por grandes rocas durante el día, reduce la evaporación del suelo y fluctuaciones de temperatura más bajas (López, Cellini & Cuyckensc, 2021), gracias a este factor la humedad es constante en esta parte, la presencia de materia orgánica es elevada, al igual que una amplia presencia de material rocoso.

PLA: tiene un área aproximada de cinco hectáreas. Se encuentra ubicado en la parte centro del área de estudio en las coordenadas latitud: 18°44'35.63"N, longitud 97° 5'29.58"O. La elevación de un transecto que recorra todo el sitio

va desde los 1683 msnm hasta los 1749 msnm. Este sitio paso de ser acahual a plantación forestal de *Pinus patula* Schltldl. & Cham., cuenta con la presencia de pocos árboles remanentes.

EAC: cuenta con un área aproximada de 21 hectáreas. Se ubica en la parte Sur-Oeste del área de estudio en las ordenadas latitud: 18°44'22.72"N, longitud 97°5'38.01"O. Un transecto completo que recorra todo el sitio cuenta con una elevación que va desde los 1712 msnm - 2031 msnm. El sitio cuenta con una vegetación de encino (*Quercus* sp), *Liquidambar styraciflua* L., *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. (fresno), *Alnus acuminata* Kunth (elite), *Trema micrantha* (L.) Blume (ixpepel), *pinus* sp, así como individuos de *Sphaeropteris horrida* (Liebm.) R.M. Tryon.

EAB: el área total es de aproximadamente cinco hectáreas. se ubica en la parte Norte-Oeste del área de estudio en las coordenadas latitud: 18°44'38.22"N longitud: 97° 5'38.97"O. La elevación de un transecto que recorra todo el sitio va de los 1805 msnm. a los 2028 msnm. En este sitio la vegetación es principalmente compuesta por encino (*Quercus* sp), unos pocos individuos de *Liquidambar styraciflua* L., *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. (Fresno).

Aspectos fisiográficos para el municipio

Geología: El tipo de roca es sedimentaria; caliza (71%) lutita (24%) y lutita -arenisca (2%). Las rocas en la región datan de los periodos Cretácico (95%) y Jurásico (2%) (INEGI, 2009).

Edafología: Los suelos dominantes son; Luvisol a un 83%, Acrisoló al 13% y Regosol con el 1% (INEGI, 2009).

Clima: El rango de temperatura es de 14 a 22°C, con un rango de precipitación de 1400 a 2600 ms. Los tipos de clima predominantes son: templado húmedo con abundantes lluvias en verano (56%), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (32%) y semicálido húmedo con lluvias todo el año (12%) (INEGI, 2009).

El municipio de Tequila, Veracruz se encuentra en la región hidrológica del Papaloapan (100%) perteneciendo a la cuenca del Rio Papaloapan (100%), subcuenca del Rio Blanco (100%), con corrientes de agua Perenne: Xoxocotla, Popocatl. Intermitente: Pipitzocohtla. No hay cuerpos de agua disponibles (INEGI, 2009).



Uso del suelo y vegetación para el municipio de Tequila, Veracruz

Para el municipio se reporta un uso del suelo en agricultura del 20%. Con una vegetación de bosque del 66% y selva del 11% (INEGI, 2009). El uso potencial de la tierra según INEGI (2009) es para la agricultura manual continua del 2% y no apta para la agricultura 98%. Para uso pecuario en el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal 2% y no apta para uso pecuario del 98%.

Utilización de los recursos forestales en los sitios divididos del área de estudio

Para saber con certeza el tiempo que se tiene trabajando en la utilización forestal se entrevistó a los extractores forestales presentes en el área de estudio. La utilización del bosque natural (BOS) es principal mente para el leño por parte de los locatarios, esta actividad se realiza del siguiente modo: puede ser desde cortar las ramas de los árboles o recoger las que se encuentran caídas, cortar árboles juveniles no tan gruesos, los árboles de un tamaño considerablemente mediano lo derriban, dejándolo secar en el suelo para después trozarlo y llevárselo. En este sitio se realizaron dos potreros, derribando toda la masa arbórea (Figura 1).



Figura 1. Derrumbe forestal en el Sitio BOS. A) árbol talado con presencia de *Polypodium* spp epífitos. B) árbol talado y abandonados para que se sequen y poder llevárselos después. C) fustes para leña con presencia de *Polypodium* spp epífitos. D) transformación de parte del bosque a potrero.

El bosque en el que predomina principalmente encino (EAB) no hay extracción desde hace más de 50 años, en el lugar aún se encuentran las plataformas en la que realizaron los hornos para el carbón (Figura 2).



Figura 2. Sitio EAB. A) plataforma improvisada para la elaboración de hornos de carbón de hace más de 50 años. B) árboles de encino con presencia de plantas epífitas vasculares. C) vista de los árboles de encino en invierno

En la plantación de Pino, (PLA) que tiene aproximadamente 15 años, ocurre la extracción de tabla y polines (Figura 3).



Figura 3. Sitio PLA. A) desperdicio de pinos talados. B) fustes de pino para su venta.

Regeneración natural de encino (EAC) de 25-30 años, de este sitio es donde principal mente hay una extracción de carbón utilizando los árboles de encino (Figura 4).



Figura 4. Aprovechamiento forestal en el Sitio EAC. A) árbol de encino talado. B) trozos de encino. C) madera acomodada en forma piramidal. D) hornos encendidos para la producción de carbón.

El leño por parte de los pobladores se da en todos los sitios además del sitio denominado BOS. Aunque esta actividad sea para el consumo propio de los hogares cercanos, causa un perjuicio ecológico al lugar; cuando las personas talan los árboles por mano propia o les hacen un orificio para que el árbol se pudra en pie, o bien los derriban por completo dejándolos para que se sequen; el daño que causa esta actividad es el no dejar que el árbol cumpla con su función de propagación, ya que los que son talados en su mayoría son árboles juveniles.

Después de la elaboración de carbón, algunas veces ocurre el cambio de uso de suelos, tomando como motivo que el terreno se encuentra favorable para la agricultura, esta actividad trae consigo además de la tumba, la quema y la roza, perjudicando la regeneración natural del encino. Después de aprovechar el suelo en la agricultura, si se da la oportunidad a través de programas gubernamentales ocurre la introducción de árboles frutales o maderables es el caso del sitio denominado como PLA la cual es una plantación forestal de pino patula Schltdl. & Cham. o como en el sitio BOS, en la que una parte la masa arbórea fue derribada para poder ocuparla en la ganadería.

Trabajo de campo

Para el muestreo se utilizó la metodología propuesta por Foster, Hernández, Kakudidi & Burnham (1995); denominada "Variante de los transectos" o Transectos variables, la cual es muy conveniente para realizar evaluaciones rápidas de la vegetación. El método consiste en muestrear un número determinado de individuos a lo largo de un transecto con un ancho determinado y el largo definido por el número estándar de individuos a muestrearse. El ancho del transecto es variable y depende de la clase de plantas y la densidad de individuos. Por ejemplo, si se quiere muestrear árboles, en bosques densos el ancho del transecto será menor, mientras que en áreas quemadas o pastoreadas (pocos árboles) tendrá que aumentarse. Los autores resaltan que, para considerar el número de plantas a muestrear, se debe tomar en cuenta que usualmente es mejor hacer muchos muestreos pequeños que pocos muestreos grandes.

Los transectos variables se encuentran ubicados; dentro de sitios o micrositos con distintos grados de perturbación (por ejemplo: bosque perturbado vs. bosque poco perturbado), lo cual sirve en la comparación de comunidades indicando la presencia/ausencia de especies (Mostacedo et al., 2000).

El área total a estudiar es aproximadamente de 55 ha. La cual se dividió en cinco sitios de muestreo con diferentes tipos de vegetación dominante; bosque primario de encino, plantación forestal de pino, bosque primario, regeneración de encino, en los cuales hay una utilización forestal, y orografía diferente a si como ciertas condiciones orográficas diferentes.



Los recorridos de exploración de la localidad empezaron en el otoño del 2019, para analizar el área de estudio, recopilación de datos observando la flora del lugar y orografía. Las colectas iniciaron en enero y hasta diciembre del año 2020 contando con equipo para trepar árboles del dosel, una garrocha para obtener ejemplares de epífitas vasculares, también un geoposicionador global (GPS), así como el material necesario para coleccionar los ejemplares utilizando una prensa botánica y tomando los datos requeridos de la ficha de campo. En cada sitio de muestreo se registró la presencia/ausencia de las especies de epífitas verdaderas (holoepífitas), (excluidas: hemiepífitas, bejucos, lianas, accidentales, parásitas y trepadoras).

Los ejemplares colectados de plantas epífitas vasculares se herborizaron de acuerdo con lo propuesto por Lot & Chiang (1986):

- 1) Prensado: se utiliza periódico, cartones corrugados, prensa de madera y mecate.
- 2) Secado: el material prensado se colocó en una secadora por espacio de tres a cinco días, dependiendo de los ejemplares.
- 3) Desinfección: se utiliza una cámara frigorífica en la que los ejemplares permanecieron allí por un espacio de 15 días.

Posteriormente se depositaron en el herbario CORU "Dr. Jerzy Rzedowski Rotter" de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana. Después se efectuó su determinación taxonómica en las instalaciones del herbario, utilizando claves taxonómicas, claves dicotómicas, libros de la flora de México, así como la comparación de ejemplares de herbario, y del repositorio UNAM colección biológica digitalizada.

RESULTADOS

Riqueza de epífitas vasculares en el área de estudio

El área estudiada es de aproximadamente 55 hectáreas, la cual cuenta con diferentes características a las que responden la presencia de las epífitas vasculares, en la que se encontró un total de 65 especies, dentro de 27 géneros y once familias. El grupo Pteridophyta y plantas afines conforma el 47% del total de la flora estudiada, las familias presentes en este grupo son: Aspleniaceae

con seis especies, Dryopteridaceae con dos especies, Lycopodiaceae con una especie, Nephrolepidaceae con una especie, Polypodiaceae con 19 especies, Pteridaceae con una especie (30 spp en total). Con respecto a la flora vascular superior de Angiospermas, está conformado por las familias: Bromeliaceae 22% (14 spp), Orchidaceae tiene un 18% (12 spp), Piperaceae con el 9% (seis spp), Cactaceae 3% (dos spp) Begoniaceae con el 2% (una spp) (35 especies de Angiospermas) (Figura 5).

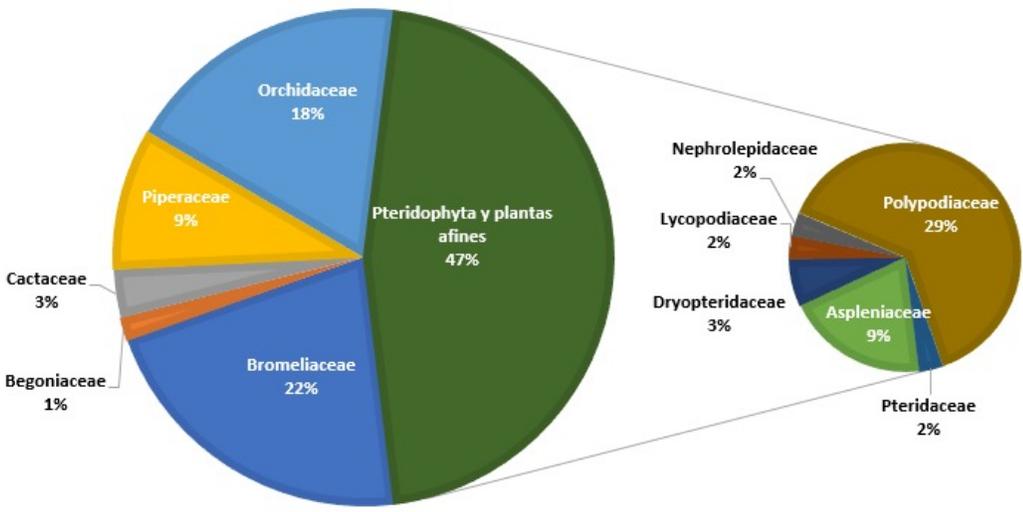


Figura 5. Composición florística de epífitas vasculares del área total muestreada.

Composición de epífitas vasculares en los sitios de estudio

Registrando la incidencia de las plantas epífitas vasculares, en los sitios divididos los cuales, aunque se encuentren en una gran cercanía, presentan características muy diferentes, debido al relieve y otras condiciones. A estas diferencias, responden las plantas epífitas vasculares con su presencia.

Con las Pteridophytas y grupos afines, en el sitio BOS se encontraron 26 especies dentro de seis familias y once géneros, en el sitio EAB se obtuvieron 14 especies con una familia y seis géneros, en el sitio PLA no se encontraron Pteridophytas y grupos afines epífitas, en el sitio EAC se encontró un total de 21 especies con cuatro familias y nueve géneros (Figura 6).

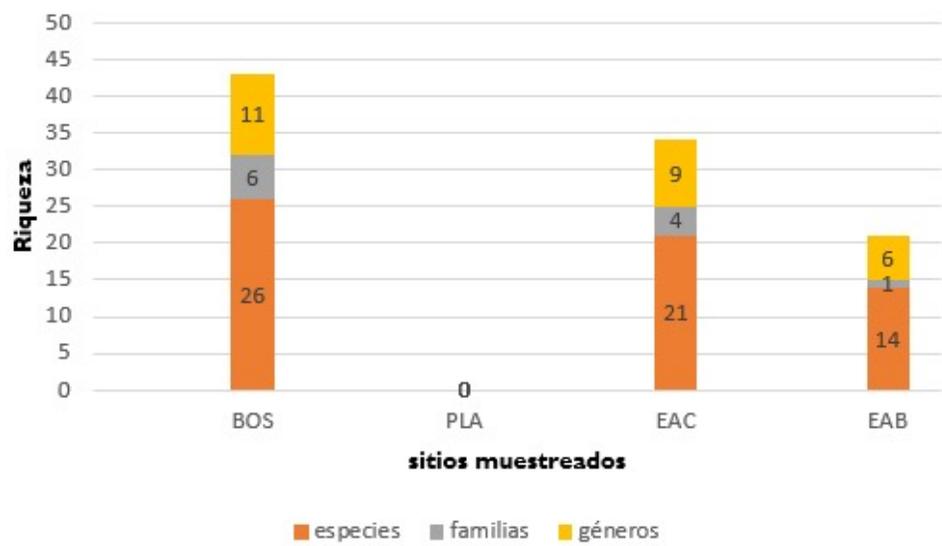


Figura 6. Composición florística de Pteridophytas y grupos afines en los sitios de estudio.

Angiospermae: monocotiledóneas; en el sitio BOS se encontraron 24 especies, dos familias y once géneros. Para el sitio EAB se encontraron nueve especies con una familia y dos géneros, en el sitio PLA se encontró solo una especie y en el sitio PLA se encontraron diez especies incluidas en dos familias y nueve géneros (Figura 7).

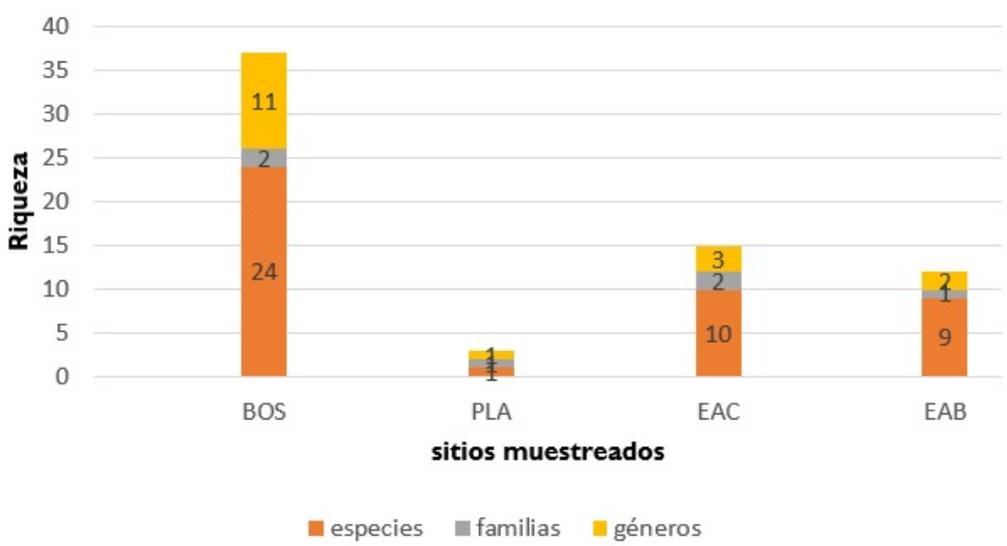


Figura 7. Composición florística de Angiospermae: monocotyledoneae en los sitios de estudio.

Para las dicotiledóneas, en el sitio BOS se obtuvieron ocho especies con tres familias y tres géneros, para el sitio EAB se encontraron dos especies, una familia y dos géneros, en el sitio PLA no se encontraron ejemplares de Angiospermae: dicotiledóneas epífitas, en el sitio EAC se encontraron cuatro especies, dos familias y dos géneros (Figura 8).

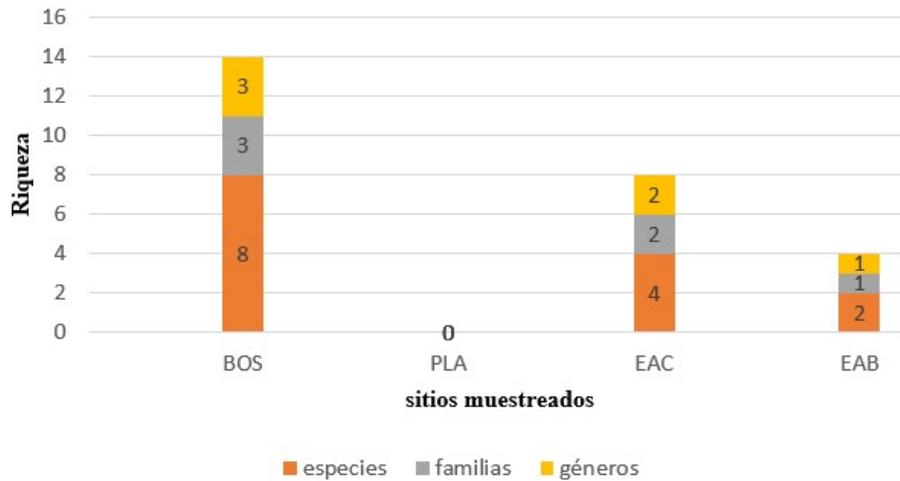


Figura 8. Composición florística de Angiospermae: dicotiledónea en los sitios de estudio.

El sitio BOS presentó un total de 58 especies, el sitio EAC presento 35 especies, el sitio EAB presentó 25 especies, el sitio PLA presento una especie (Figura 9). El sitio con mayor presencia de especies es el sitio BOS con 58 spp, representando el 89% de la flora total de epífitas vasculares, este sitio tiene una mayor heterogeneidad con lo que respecta a las especies arbóreas y cotas altitudinales marcadas por las curvas de nivel más pronunciadas, estas características dan como resultado la mayor diversidad de epífitas. El segundo sitio con mayor presencia es el sitio EAC se registraron 35 spp, representando el 53% de la flora total de epífitas vasculares, este sitio presenta una heterogeneidad dominada por *Quercus* sp. El sitio EAB presenta 25 spp, representado el 38% de la flora total de epífitas vasculares, este sitio se podría considerar como una encinera, estos ejemplares arbóreos suelen ser buenos hospederos para las plantas epífitas, y final mente el sitio PLA con solo una spp, representando el 2% de la flora total de epífitas vasculares, la casi nula presencia de plantas epífitas vasculares podría deberse a que, por ser una plantación establecida de pino, y en este tipo de ambiente, las epífitas no encuentran un hábitat propicio para su establecimiento.

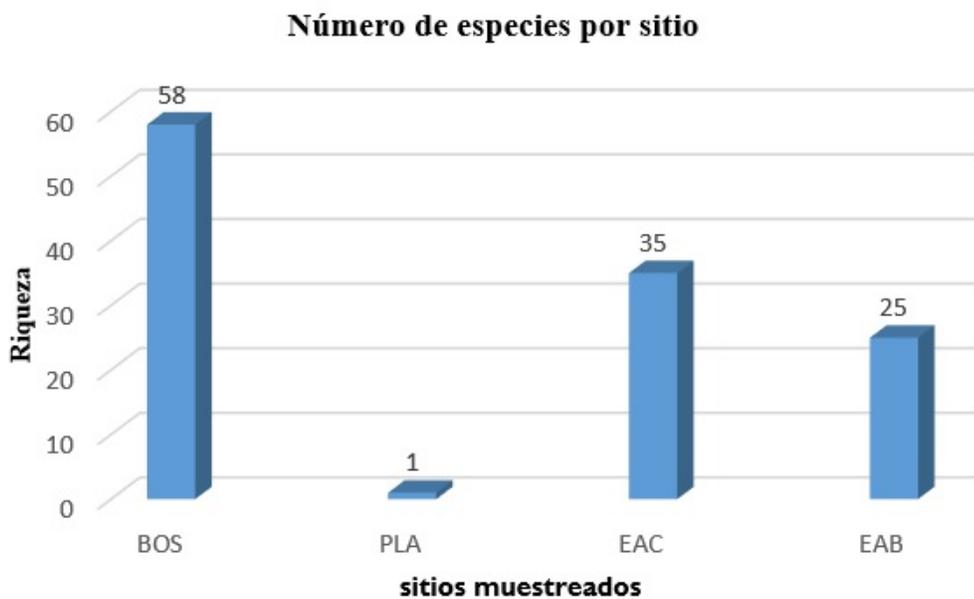


Figura 9. Total de especies en los sitios de estudio

DISCUSIÓN

Características del área de estudio, utilización forestal y transformación

México se encuentra dentro de los cinco países que registraron la mayor disminución en el área de bosques primarios (FAO, 2010). En Veracruz durante décadas, se promovió la actividad agrícola y ganadera de forma preponderante, causando un efecto indirecto, el cual fue la desvalorización del recurso forestal, pues los bosques y selvas no se incorporaron como zonas productivas a la economía regional, pero se generó una cultura de la extracción ilegal o de la sustitución de estos por otros usos del suelo (Gerez & Pineda, 2011).

En el municipio de Tequila, Ver., la obtención de leña es una actividad de gran potencia, ya que las personas producen este producto cotidianamente. El leño es considerado de menor impacto que el carbón y mayor mente a la ganadería. Al no tener una regularización y legalización de los predios forestales la comercialización de estos productos no es muy benéfica económicamente (Morales, Muñoz & Díaz, 2019). Rosabal (2017) indica que toda actividad de abastecimiento forestal causa algún impacto ya sea a la vegetación remanente, al suelo o a las fuentes de agua.

La fabricación de carbón, es una actividad complementaria a las labores agrícolas y forma parte de la cultura tradicional campesina; tiene raíces tanto en el conocimiento y manejo de un conjunto de plantas y del suelo, como en el entendimiento de las condiciones climáticas e hídricas, la producción de carbón vegetal de manera tradicional, procedente de maderas duras de alta densidad, como huizache (*Acacia pennatula*), encino (*Quercus spp.*) y madroño (*Arbutus xalapensis*) (Gual, Rendón & Mariaca, 2020). La mayor parte del carbón se produce a partir de técnicas tradicionales, las cuales se han transmitido de generación en generación entre los pobladores de los bosques y selvas, quienes lo usan para autoconsumo o para comercializarlo en ciudades o poblaciones rurales (García, 2008). el encino (*Quercus spp.*), es la clase de madera más utilizada en México para hacer carbón vegetal (Ordaz, 2003).

En el 2007, la CONAFOR puso en operación el Programa ProÁrbol, el cual, mediante un esquema integral articula el otorgamiento de estímulos a los poseedores y propietarios de terrenos forestales, para realizar acciones encaminadas a proteger, conservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos en bosques, selvas y zonas áridas de México (CONAFOR, 2012), cumpliendo a lo señalado en las Reglas de operación del programa ProÁrbol para la Categoría C. Conservación y Reforestación capacitan 976 técnicos para suelos, sanidad, incendios y reforestación, siendo la primera vez que se emplea el término "asesores técnicos" (SEMARNAT, 2012), este programa beneficia a los propietarios del predio con el modo de reforestación con *Pinus patula*, pasando a si de acahual a plantación forestal. Los programas forestales otorgados por el gobierno que actual mente se encuentran en auge es el "PROGRAMA SEMBRANDO VIDA" implementando proyectos agroforestales, este programa se encuentra presente a nivel municipal pero ausente en el predio estudiado.

En el área de estudio se encuentra presente el aprovechamiento forestal: leño, producción de carbón y aprovechamiento maderero en diferentes sitios del fragmento estudiado, sin una planeación adecuada conforme a la LGDFS (2018), pero de una forma escalonada no cayendo en matarraza del predio. El aprovechamiento forestal siempre ha estado presente en el predio, mayormente el leño, estas actividades han modificado la masa arbórea a través del tiempo de utilización, viéndose reflejada en la vegetación.



Riqueza de los sitios de estudio en el área total de estudio

Las plantas tienen una determinada plasticidad fenotípica y fisiológica que les permite desarrollarse y crecer solo en espacios físicos que presenten un conjunto de condiciones particulares, (radiación fotosintéticamente activa, flujo evapotranspiracional, presión de herbivoría, frecuencia e intensidad del viento, potencial hídrico edáfico, etc.), lo que da como resultado a un micrositio de desarrollo para las plantas (García & Monroy, 2005). Los micrositos ocurren en forma natural en las comunidades y están conformados por elementos del paisaje físico a nivel de la microtopografía, como rocas, depresiones o bordos, así como por las plantas de los diferentes estratos vegetales, actuando en conjunto o como individuos (García et al., 2005). El hábitat epífita se encuentra expuesto a grandes variaciones microambientales, y otras variables como la identidad del árbol hospedero características de esta, presencia de sustrato, influyen sobre la composición y abundancia de las epífitas en el bosque, en este escenario, la capacidad de una epífita de establecerse y desarrollarse en distintos microhábitats en el gradiente temporal y espacial del bosque dependerá de su amplitud ecológica y de la modificación de sus respuestas morfológicas, fisiológicas y fenológicas a las restricciones ambientales presentes (Fernández, Moreno, Canessa, Mardones, Viveros & Saldaña 2016). En los muestreos realizados se puede deducir que el sitio BOS tiene la presencia de micrositos favorable para el establecimiento de las epífitas vasculares gracias a una baja perturbación este sitio presentó un total de 58 especies dentro de once familias, en la EAC los micrositos se encuentran en reducción por el aprovechamiento forestal presente este sitio presentó 35 especies y ocho familias, EAB se encuentra en recuperación presentó 25 especies y tres familias y la introducción forestal en PLA no crea micrositos estos son un perjuicio para el establecimiento de las epífitas vasculares.

Dentro de los sitios muestreados se encontraron dos especies, presentes en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de amenazadas (A): *Tillandsia imperialis* E. Morren ex Mez, la cual solo se encuentra presente en el sitio EAB., y *Tillandsia tricolor* Schltdl. & Cham., presente en los sitios: BOS, EAC y EAB. Se encontraron ocho especies endémicas de México, (* = endémica de México; Ep = epífita.): **Tillandsia gymnotrya* Baker Ep, presente en el sitio: BOS, EAC, EAB., **Tillandsia heterophylla* E. Morren Ep, presente en el

sitio: BOS., **Tillandsia imperialis* E. Morren ex Mez Ep, presente en el sitio: EAB., **Tillandsia limbata* Schldl. Ep, presente en el sitio: EAC., **Epidendrum longipetalum* A. Rich. et Galeotti Ep, presente en el sitio: BOS, EAC., **Leochilus carinatus* (Knowles et Westc.) Lindl. Ep, presente en el sitio: BOS., **Trichocentrum pachyphyllum* (Hook.) R. Jiménez et Carnevali Ep, presente en el sitio: BOS., **Disocactus ackermannii* (Haw.) Ralf Bauer Ep, presente en el sitio: BOS.

CONCLUSIÓN

El aprovechamiento forestal se encuentra presente en la mayoría de los bosques que están en un estrecho contacto con comunidades rurales, estas comunidades se encuentran en una necesidad constante del recurso maderable como materia prima. En la localidad del presente trabajo y alrededores, esta utilización no se podría considerar como una actividad sustentable si no de extracción, por la ausencia de un plan de manejo forestal. Además de los bienes y servicios conocidos del bosque, hay otras maneras en que se puede aprovechar, sin embargo, para llegar a esto es necesario de una planeación adecuada, así como una ampliación de conocimientos variados. Así como en localidad mencionada en este trabajo y como en otras localidades rurales del país y del estado, el aprovechamiento forestal causa un efecto no muy bien registrado sobre otras comunidades biológicas.

Los programas forestales que otorga el gobierno, son de ayuda económicamente para los pobladores con predios, sin embargo, estos programas manejan especies contempladas solo para su aprovechamiento, dando lugar a la introducción de especies, provocando una alteración en los ecosistemas al despojar especies nativas, las cuales podrían presentar un plan de manejo adecuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL TEQUILA, VERACRUZ. (2018-2021). PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO.
- Lot, A., & Chiang, F. (1986). Manual de Herbario (Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos). México: Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM Consejo Nacional de la Flora de México. A.C.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR.
- Ricklefs, R., & Miller, G. (2000). Ecology. New York: W.H. Freeman and Company.
- Acebey, A. R., López Acosta, J. C., Tejero Díez, J. D., & Krömer, T. (2017). Riqueza y composición de helechos y licófitos en tres áreas de bosque mesófilo en Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(3), 625-635.
- Ceja Romero, J., Espejo Serna, A., López ferrari, A. R., Garcia Cruz, J., & Mendoza Ruiz, A. y. (2008). Las plantas epífita, su diversidad e importancia. *Ciencias* núm. 91, 34-41.
- Chao, A., & Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533–2547.
- Chiarucci, A., Bacaro, G., Rocchini, D., & Fattorini, L. (2008). Discovering and rediscovering the sample-based rarefaction formula in the ecological literature. *COMMUNITY ECOLOGY*, 9(1), 121-123.
- Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S.-Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2019). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5(1).
- Encina Domínguez, J. A., Zárate Lupercio, A., Estrada Castellón, E., Valdés Reyna, J., & Villarreal Quintanilla, J. Á. (2009). Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta Botanica Mexicana*(86), 108.
- Fernández, R., Moreno Chacón, M., Canessa, R., Mardones, D., Viveros, N., & Saldaña, A. (2016). Relación entre la amplitud ecológica de epífitas vasculares y sus respuestas ecofisiológicas a la disponibilidad de luz y humedad en el bosque esclerófilo mediterráneo costero de Chile. *Gayana. Botánica*, 73(1), 68-76.
- Foster, B. R., Hernández, N. C., Kakudidi, E. E., & Burnham, R. J. (1995). Un método de transectos variables para la evaluación rápida de comunidades de plantas en los trópicos. *Environmental and Conservation Programs*, Field Museum of Natural History; and Washington, D. C.: Conservation Biology, Conservation International.



- Fregoso, A., Velázquez, A., Bocco, G., & Cortéz, G. (2001). El enfoque de paisaje en el manejo forestal de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Investigaciones geográficas*.
- García Molina, J. (2008). Carbón de encino: fuente de calor y energía. *Biodiversidad*, 7-9.
- García Sánchez, R., & Monroy Ata, A. (2005). Micrositios Del Pasto Navajita (*Bouteloua Gracilis*) En Comunidades De Pastizal Y De Matorral Del Altiplano Mexicano. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(2), 61-70.
- Gentry, A. H., & Dodson, C. H. (1987). Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74(205-233).
- Gerez Fernández, P., & Pineda López, M. d. (2011). Los bosques de Veracruz en el contexto de una estrategia estatal REDD+. *Madera y bosques*, 17(3), 7-27.
- Granados Sánchez, D., López Ríos, G. F., Hernández García, M. Á., & Sánchez González, A. (2003). Ecología De Las Plantas Epífitas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 101-111.
- Gual Díaz, M., Rendón Correa, A., & Mariaca Méndez, R. (2020). Especies Vegetales Con Uso Combustible Por Comunidades Rurales Mexicanas. *Revista Etnobiología.*, 18(3), 113-135.
- Jiménez López, D. A., Roblero Velasco, R. d., Martínez Meléndez, N., Ocampo, G., & Gallardo Cruz, J. A. (2017). Relación entre variables del forófito y la riqueza de epífitas vasculares en los Pantanos de Centla, Tabasco, México. *Acta Botanica Mexicana*, 125-137.
- Krömer, T., Acebey, A., Espejo Serna, A., & López Ferrari, A. R. (2018). Diversidad y conservación de epífitas vasculares en Veracruz. *Conservación Biológica*, 42-49.
- López Gómez, A. M., & Williams Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*(078), 7-15.
- López Mejía, M., Moreno, C. E., Zuria, I., Sánchez Rojas, G., & Rojas Martínez, A. (2017). Comparación de dos métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades: un ejemplo con murciélagos de selvas y hábitats modificados. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 183–191.
- López Victoria, L., Cellini, J. M., & Cuyckensc, G. A. (2021). Influencia del micrositio y el ambiente en la instalación de *Polylepis tarapacana* en los Altos Andes. *NEOTROPICAL BIODIVERSITY*, 7(1), 135-145. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23766808.2021.1902251>



- MacGregor-Fors, I., & Payton, M. E. (2013). Contrasting Diversity Values: Statistical Inferences Based on Overlapping Confidence Intervals. *PLoS One*, 8(2), e56794.
- Méndez Osorio, C., Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., & Pequeño Ledezma, M. A. (2018). Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 53.
- Morales Ríos, V., Muñoz Madrid, A. R., & Díaz José, J. (2019). Producción y comercialización de la leña y el carbón en el municipio de Tequila, Veracruz: Hacia un análisis situacional. *Las ciencias sociales y la agenda nacional, Reflexiones y propuestas desde las ciencias sociales*, V, 57-71. Obtenido de <https://www.comecso.com/ciencias-sociales-agenda-nacional/cs/article/view/1116/417>
- Pincheira Ulbrich, J., Hernández, C. E., Saldaña, A., Peña Cortés, F., & Aguilera Benavente, F. (2016). Assessing the completeness of inventories of vascular epiphytes and climbing plants in Chilean swamp forest remnants. *New Zealand Journal of Botany*, 54(4), 458-474.
- Rosabal Quintana, A. (2017). Influencia del aprovechamiento forestal sobre la masa remanente y el suelo. *REVISTA CUBANA DE CIENCIAS FORESTALES*, 5(3), 318-319.
- Aparicio Gallardo, M. (2009). Efecto Del Manejo Forestal Sustentable Sobre La Abundancia Y Distribución De Bromelias Epífitas En Capulalpam De Méndez, Oaxaca, México. Tesis. Universidad Politécnica de Madrid,. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID; ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES UNIVERSIDAD DE LA SIERRA JUÁREZ.
- Castillo Hernández, L. A. (2013). Inventario Florístico Del Bosque Mesófilo De Montaña De La Reserva Bicentenario, Zongolica, Veracruz. Tesis de Licenciatura. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Facultad de Ciencias Biología, México.
- García Nieto, M. H. (2014). Aportaciones Sobre Las Distribuciones Del Bastón Roto Y De Pielou. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca Departamento de Estadística.
- Ordaz Hernandez, J. C. (2003). Análisis De La Calidad Del Carbón Vegetal De Encino Producido En Horno Tipo Colmena Brasileño En Huayacocotla, Veracruz. TESIS. UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO. DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES, México.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2012). Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006-2012. COMISIÓN NACIONAL FORESTAL. PRIMERA ETAPA. 1 DE DICIEMBRE DE 2006 AL 31 DE DICIEMBRE DE 2011, 2-99. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126551/Informes_Gestiones_Anteriores_-_Informe_de_Rendicion_de_Cuentas_de_la_Administracion_Publica_Federal_2006-2012.pdf



- FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 Informe principal. ESTUDIO FAO: MONTES(163), 12.
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal Tequila, Veracruz de Ignacio de la Llave Clave geoestadística 30168. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Obtenido de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30168.pdf
- LGDFS (Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable). (2018). CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS_260421.pdf
- LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente). (1988). DOF. CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. Obtenido de http://www.ceja.org.mx/IMG/2._Articulo_Ing._Sergio_Varela.pdf
- PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente). (Mayo de 2015). Ilícitos forestales. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2015/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet09a2.html
- SEMARNAT. (2012). Listado de Asesores Técnicos del Programa ProÁrbol de la Comisión Nacional Forestal. Memoria Documental, 1-71. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126514/CNF-34_listado_de_Asesores_Tecnicos_de_ProArbol.pdf
- SIEGVER, S. d. (2020). Tequila. CUADERNILLOS MUNICIPALES.

RESISTENCIA FISIOLÓGICA A SALINIDAD POR NaCl EN TRES VARIETADES DE FRIJOL

Arlet Crescencio Andrade

Universidad Veracruzana
arletcrescencio@outlook.com

Jorge Luis Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana/Facultad de Ingeniería mecánica y eléctrica.
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa
jorarenas@uv.mx

jorge.arenas@itsx.edu.mx

Alma Berenice Morales Guzman

Universidad Veracruzana
almamorales@uv.mx

Adolfo Castillo Moran

Universidad Veracruzana
adcastillo@uv.mx

Daniel Arturo Rodríguez Lagunes

Universidad Veracruzana
darodriguez@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández

Universidad Veracruzana
kbanuelos@uv.mx

Fecha de recepción: 13/08/2022

Fecha de aprobación: 30/08/2022

104

Resumen

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los principales alimentos en México, actualmente las zonas de producción presentan problemas de salinidad, ya sea por la condición natural del suelo o por acción antrópica. El frijol es sensible a la salinidad, ya que puede llegar a reducir su rendimiento hasta un 50%. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta fisiológica de tres distintas variedades de frijol (oti, rojo granada y ojo de cabra 400) sometidas a diferentes concentraciones de NaCl, en condiciones de invernadero. Los tratamientos para generar estrés por salinidad fueron 0, 25, 39 y 55 mM de NaCl. El experimento fue ajustado a un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial y cinco repeticiones. Las variables de respuesta evaluadas en las unidades experimentales fueron parámetros fisiológicos, como: número de hojas, altura de la planta, días a floración, número de flores, número de frutos, peso fresco y seco. Los resultados mostraron que la variedad oti, presentó una resistencia a la concentración de 25 Mm.

Palabras clave: Adaptaciones fisiológicas, *Phaseolus vulgaris* L., sequía, suelos salinos.

Abstrac

The bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the main foods in Mexico, currently the production areas have salinity problems, either due to the natural condition of the soil or due to anthropic action. The bean is sensitive to salinity, since it can reduce its yield by up to 50%. The objective of this research was to evaluate the physiological response of three different varieties of beans (oti, red pomegranate and goat's eye 400) subjected to different concentrations of NaCl, under greenhouse conditions. The treatments to generate stress by salinity were 0, 25, 39 and 55 mM NaCl. The experiment was adjusted to a completely randomized design with a factorial arrangement and five repetitions. The response variables evaluated in the experimental units were physiological parameters, such as: number of leaves, plant height, days to flowering, number of flowers, number of fruits, fresh and dry weight. The results showed that the oti variety presented a resistance to a concentration of 25 Mm.

Keywords: Physiological adaptations, *Phaseolus vulgaris* L., drought, saline soils.

INTRODUCCIÓN

El frijol se originó y domesticó en América Latina con dos orígenes geográficos (Mesoamérica y los Andes) genéticamente diferenciables que derivan de un ancestro común de 100,000 años de antigüedad. En México y América del Sur, el frijol se domesticó de manera independiente hace aproximadamente 8,000 años (Hernández-López et al., 2013)

Por su alto contenido proteico (20-25%) es entre las leguminosas, el tercer cultivo más importante en el mundo, después de la soya y el cacahuate. Particularmente en México, el frijol es la leguminosa de mayor consumo, representando el 36% de la ingesta diaria de proteínas. El frijol representa un cultivo clave en la dieta nacional, pues el cultivo anual per cápita es de 9.9 kg. El cultivo de frijol, además de ser una actividad primordial de la alimentación, representa un pilar en la cultura gastronómica de México (Sangerman-Jarquín et al., 2010).

La conservación y producción de sus diferentes variantes garantiza la perpetuación de nuestra identidad alimentaria y la ingesta primaria de proteínas de un alto porcentaje de la población (Sangerman-Jarquín et al., 2010). El grado de contaminación que presenta el ambiente supone un reto para la supervivencia de los individuos; destacando la importancia de las adaptaciones que presentan las plantas al enfrentarse a distintos tipos de estrés, como temperaturas extremas, salinidad, sequía o contaminantes presentes en el medio, pudiendo provocar efectos adversos a la salud humana. El planeta, con el paso de los años, está presentado un nivel de contaminación preocupante, teniendo a su vez una notoria variación en el clima, con temperaturas elevadas dando como resultado escases de agua.

Ya que existe un gran número de variedades. éstas se clasifican normalmente en dos grupos según su porte: arbustivas: de crecimiento bajo y determinado; y en trepadoras: de tallos largos y crecimiento indefinido. La abundancia de ramificación y follaje, así como la duración de su ciclo vegetativo, también son importantes para su clasificación (Suerio et al., 2011).

El cultivo de frijol se adapta a regiones tropicales y subtropicales semiáridas frescas, así como zonas subhúmedas. Se encuentra desde 0 hasta 2400 msnm, requiriendo fotoperiodos de luz cortos; ya que los días largos tienden a retardar la floración y madurez; cada hora extra de luz en el día puede retardar



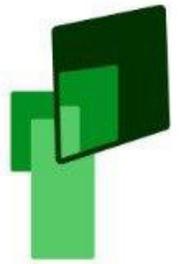
la maduración de dos hasta seis días. En general, los genotipos más tardíos y de hábito de crecimiento indeterminado son más sensibles al fotoperíodo, que los de hábito determinado, estas respuestas suponen que la sensibilidad al fotoperíodo representa una respuesta adaptativa a las condiciones ambientales, aunque no siempre puede presentarse esta tendencia (Rosales-Serna et al., 2001).

Este cultivo requiere de 300 a 500 mm de agua durante el ciclo. Son convenientes 110-180 mm entre siembra y floración; 50-90 mm durante la floración e inicio de la fructificación. Las épocas más críticas por la necesidad de agua son 15 días antes de la floración y 18-22 días antes de la maduración de las primeras vainas. Puede permitirse hasta un agotamiento de 40 a 50% del total de agua disponible en el suelo durante el desarrollo del cultivo.

Los mejores suelos para el frijol son de textura ligera como el franco arenoso y los francos arcillosos. Requiere de una profundidad mínima de 60 cm, sin embargo, puede prosperar en suelos delgados. Con relación al pH del suelo, el rango es de 5.3 a 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5, en pH elevados, el frijol sufre daños considerables debido a la baja disponibilidad de nutrientes (Morales-Rosales et al., 2006). El frijol tolera un porcentaje máximo de saturación de sodio de 8 a 10 % y una conductividad eléctrica hasta de 1 mmhos/cm; por encima de estos niveles, los rendimientos disminuyen significativamente, con mayor impacto durante la germinación, diferenciación floral, fructificación y llenado de grano (Flores-Pacheco et al., 2019).

En la actualidad la salinización de los suelos de uso agrícola va en aumento a nivel mundial y disminuye cada vez más el rendimiento de los cultivos. Afecta principalmente al metabolismo de las plantas, disminuyendo su crecimiento y productividad por efecto de potenciales hídricos reducidos, toxicidad iónica y desbalance nutrimental (Munns & Tester, 2008).

La capacidad asimiladora y el estado hídrico de la planta son procesos fisiológicos sensibles a la salinidad, además de ser factores determinantes en el crecimiento vegetal (Cramer, 2003; Villa-Castorena et al., 2006). Dado que la salinidad de los suelos agrícolas representa un factor limitante del rendimiento de diversos cultivos, es necesario analizar y evaluar la respuesta de ciertos cultivos, como el de frijol, ante dicha condición. El objetivo de esta investigación fue evaluar la resistencia fisiológica de tres distintas variedades de frijol (oti, rojo granada y ojo de cabra 400) sometidas a diferentes concentraciones de NaCl.



METODOLOGÍA

Establecimiento del experimento

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana. Esta se ubica en calle Josefa Ortiz de Domínguez S/N, Col. Centro, Congregación de Peñuela, Municipio de Amatlán de los Reyes, se encuentra localizado en la zona central del estado de Veracruz, sus coordenadas geográficas extremas son 18° 46' - 18° 58' de latitud norte y 96° 49' - 96° 58' a una altura de 1300 metros sobre nivel del mar, en condiciones de invernadero.

Material vegetal

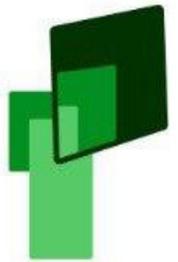
Se utilizaron las variedades oti, rojo granada y ojo de cabra 400, las cuales fueron proporcionadas por el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, las cuales se mantuvieron en condiciones de oscuridad y humedad adecuadas hasta momento de la siembra (Figura 1).

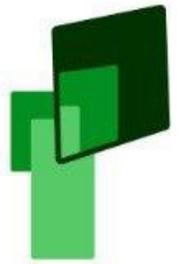


Figura 1. Semillas de variedades de frijol utilizadas en el experimento: A) oti, B) rojo granada y C) ojo de cabra 400

Desinfección de las semillas

Para el tratamiento de desinfección se utilizó una solución de hipoclorito de sodio al 5%. Se prepararon 500 ml de solución utilizando como solución madre hipoclorito de sodio al 15%, se tomaron 166ml de ésta aforando en 334 ml de agua destilada. Se sumergieron las semillas por 20 min en la solución del hipoclorito, una vez terminado el tiempo se retiraron de la solución quitando el exceso y se realizaron cinco enjuagues con agua destilada.





Imbibición

Se seleccionaron semillas de cada variedad (60 semillas por variedad para cada tratamiento), se colocaron en vasos de precipitado de 500 ml de capacidad con 350 ml de agua corriente (grifo) donde estuvieron sumergidas por 24 horas.

Método de siembra

Se preparó un sustrato en proporciones 40:60 de tepezil (40%) y peat moss (60%) desinfectando el tepezil en una solución de peróxido de hidrogeno (20%) agregado en 20 litros de agua corriente, se realizaron 5 enjuagues posteriores con agua corriente. Los semilleros fueron llenados de la combinación de tepezil y peat moss con una humedad de 20% y se colocaron las semillas a dos centímetros de profundidad. Se realizó el primer riego con agua corriente después de la siembra, continuando con el riego diario hasta que se alcanzara la altura deseada (15 cm) para ser trasplantada. Al día 18 fueron trasplantadas a bolsa de polietileno color negro con una capacidad de 1000 cm³, tres plántulas por maceta, para que posteriormente se eligiera la mejor para la evaluación.

Exposición al estrés

Al día 24 después de la siembra fueron inducidas a estrés por NaCl agregando 280 mL de solución a distintas concentraciones eligiendo completamente al azar cada maceta. Para el cálculo se consideró que 0.640g/l de sal genera una conductividad eléctrica de 1.0 dSm⁻¹ (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados durante el experimento.

Tratamiento		C E (dSm ⁻¹)	Concentración (mM)
T-1	25%	2.3	25
T-2	50%	3.6	39
T-3	75%	5	55
T-4	0%	0	0

Se drenó el exceso de agua y se pesaron las macetas, marcando como peso inicial. Se registró el peso diario de cada maceta, agregando la diferencia del peso inicial con agua destilada. Se realizaron riegos de solución nutritiva cada siete días, y dos nuevos riegos con NaCl dejando transcurrir un periodo de 12 días entre cada uno. Los días donde se registraron temperaturas muy elevadas se agregaba un riego extra por las tardes en la misma proporción a todas las plantas.



Solución nutritiva

Para la preparación de la solución nutritiva se elaboraron dos soluciones madre de macronutrientes marcándolas como solución A y B, utilizando cinco litros de agua cada una. Para la solución A) se pesaron 350 g de nitrato de calcio y 280 g de nitrato de potasio disueltos en cinco litros de agua.

Mientras que en la solución B) se utilizaron 60 g de fosfato de monopotasio, 160 g de sulfato de magnesio y 45g de sulfato de potasio disueltos en cinco litros de agua.

Se realizó una solución de micronutrientes agregando 40 g de ellos de la marca BlueFedd® en un litro de agua. Para el riego se elaboraron 5 litros de la solución con agua destilada agregando 50 mL de solución A y B, se midió y ajusto el pH a un valor de 6 utilizando ácido nítrico al 5 %, se agregó 5 mL de la solución de micronutrientes.

Variables evaluadas

Altura de las plantas

Después de ser sometidas al estrés se registró la longitud de las plantas dejando un centímetro del suelo hasta el ápice más largo del tronco central con apoyo de un flexómetro marca Truper. Las mediciones fueron realizadas después del establecimiento de las plántulas y el registro fue realizado cada tercer día.

Número de hojas

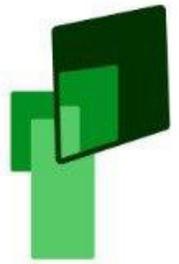
El número de hojas fue registrado partir del día 20 después de la siembra y posteriormente cada tercer día.

Días a floración y número de flores

La aparición de botones se registró en función del número de días posteriores a la siembra, después se contabilizaron nuevas apariciones cada tercer día.

Días a fructificación y número de vainas

La fructificación fue registrada en función al número de días transcurridos a partir de la fecha de siembra. Posteriormente, se hizo una contabilidad periódicamente cada tercer día del número de vainas por planta.



Biomasa fresca

Al concluir con el experimento las plantas fueron retiradas de las macetas, separando parte aérea de la raíz, posteriormente fueron pesadas en una balanza digital de la marca AND GF-2000.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental totalmente al azar con arreglo factorial 3x4, con cinco repeticiones, esto para evaluar la tolerancia de tres variedades a cuatro niveles de salinidad.

Adicionalmente, se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos y los niveles de salinidad evaluados. Se utilizó el programa SAS® (versión 9.3) para realizar los análisis estadísticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas

Existieron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) entre las variedades evaluadas y entre los diversos grados de salinidad. Además de la interacción variedad x salinidad resulto significativa.

Cuadro 2. Prueba de Tukey de acuerdo con los valores de la altura alcanzada de las variedades de frijol durante el experimento. Valores con la misma letra son iguales estadísticamente según la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

Variedad	Media
Rojo granada	310.95 a
Ojo de cabra 400	267.80 b
Oti	122.70 c

De acuerdo con la prueba de Tukey (Cuadro 2) la variedad rojo granada mostró mayor altura, seguida por la variedad ojo de cabra 400, en contraste a las plantas de la variedad oti y por lo tanto fue significativamente diferente a las demás variedades.

La variedad rojo granada presentó el mayor crecimiento, en contraste a las variedades ojo de cabra 400 y oti. La aplicación de salinidad al 25 % promovió la mejor respuesta en el crecimiento en las plantas de las tres variedades.

Al respecto, es importante considerar los hábitos de crecimiento que presentan las variedades estudiadas, mientras que las variedades rojo granada y ojo de cabra 400 son de crecimiento indeterminado, la variedad oti es de crecimiento determinado, esta última presenta reporte de longitud media en un rango entre 50, 60 cm (Estrada-Gómez et al., 2004)

Sin embargo, en este estudio, las plantas de dicha variedad, sometidas a diversos niveles de salinidad, triplicaron su tamaño alcanzando 204 cm de longitud, la cual representa un 240 % más, que en condiciones sin salinidad, esto puede ocurrir en ocasiones según Akram et al. (2010) la salinidad puede afectar aspectos básicos del metabolismo de las plantas (reducción fotosintética, aceleración de la respiración, reducción de la división celular, cierre estomático, el transporte de solutos, la translocación, la síntesis de proteínas, la asimilación de nutrientes y la diferenciación de tejidos) induce cambios en su anatomía, morfología (reduce su crecimiento, hay pérdida de hojas por necrosis y reducción en su tamaño) y fisiología, los cuales a menudo se consideran como adaptaciones que incrementan las oportunidades de las plantas para sobrevivir al estrés salino, aunque también son signos del daño y alteración de su estructura y fisiología.

Los aspectos fisiológicos se clasifican en osmóticos, nutritivos y de toxicidad; el aspecto osmótico, según Akram y colaboradores (2010); si la salinidad disminuye, el potencial hídrico externo por debajo del de la célula expone a la misma a un estrés hídrico secundario. Para distinguirlo del estrés por falta de agua en el suelo, y ya que ambos conducen a una tensión de deshidratación osmótica se le conoce como sequía fisiológica.

Número de hojas

El número de hojas en la variedad rojo granada fue altamente significativa ($P < 0.0001$) entre las variedades evaluadas. Además de la interacción variedad x salinidad resultó significativa. Según la prueba de medias la variedad rojo granada tuvo mayor número de hojas que las variedades ojo de cabra 400 y oti, por lo cual es significativamente diferente a las otras variedades (Figuras 2, 3 y 4).



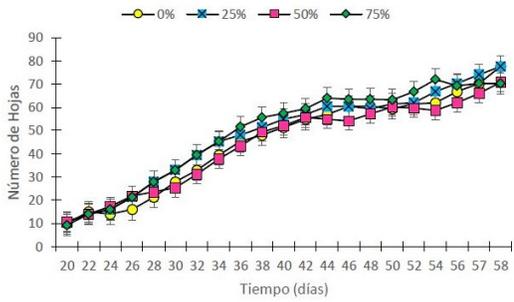


Figura 2. Número de hojas en las plantas de *Phaseolus vulgaris* L, variedad oti expuestas diferentes niveles de salinidad por NaCl.

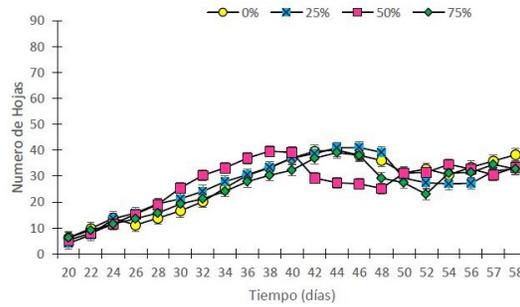


Figura 3. Número de hojas en las plantas de *Phaseolus vulgaris* L, variedad rojo granada expuestas diferentes niveles de salinidad por NaCl.

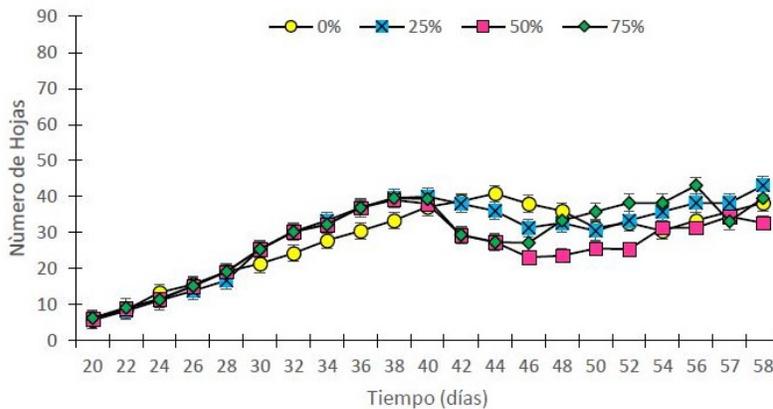


Figura 4. Número de hojas en las plantas de *Phaseolus vulgaris* L., variedad ojo de cabra 400 expuestas diferentes niveles de salinidad por NaCl.

La variedad rojo granada presento mayor número de hojas, tomando en cuenta lo antes mencionado de acuerdo a los dos hábitos de crecimiento de las variedades, a lo largo del experimento se observó pérdida de hojas según la dosis aplicada de NaCl, también pérdida de color y aparición de manchas. En la figura 2 se observa que el número de hojas de la variedad oti fue ascendente ya que no se observaron pérdidas durante el experimento, en cambio en la variedad rojo granada (Figura 3) se observa que a partir del día 38 hubo un decremento de hojas en las plantas expuestas al 50 % hasta el día 48 y en la variedad ojo de cabra 400 (Figura 4) se nota la pérdida de hojas partir del día 39, día en el que se observa que las cuatro concentraciones obtuvieron el mismo número de hojas, los días siguientes se observó un mayor decremento del número en las concentraciones del 50 y 75 %.



Según Sandoval et al, (2010), el factor iónico de la salinidad radica en su toxicidad, los iones que más problemas inducen son el cloro y el sodio, aunque otros como el nitrato, sulfato, o el amonio también son tóxicos. Su acumulación en las hojas produce clorosis marginal de la hoja y con ello, una disminución del área fotosintética, lo que determina reducciones en la fotosíntesis neta, haciendo referencia a lo antes mencionado se justifica la aparición de las manchas en las hojas de nuestras variables.

Durante el experimento se observó una pérdida notoria de hojas en las variedades rojo granada y ojo de cabra 400, según Roy et al. (2014) esto puede presentarse debido a la acumulación de sales en el tejido a lo largo del tiempo, especialmente en las hojas más viejas causando una senescencia prematura, conocida como fase iónica.

Días a floración y número de flores

En el número de flores existieron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) entre las variedades, la variedad Oti fue la única que presentó floración, lo que revela que es significativamente diferente al resto.

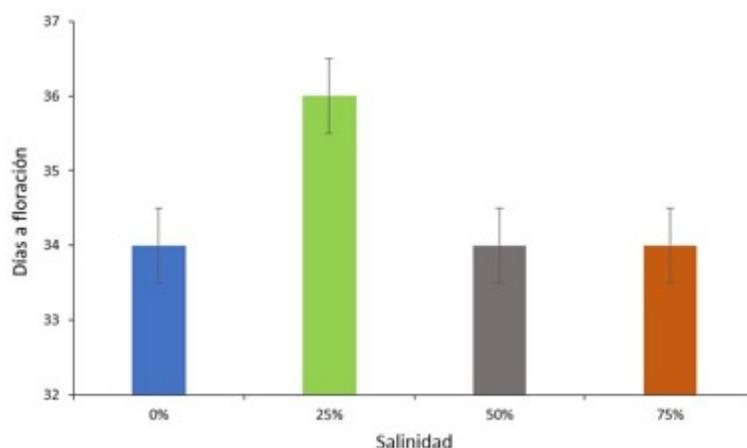


Figura 5. Días a floración en las plantas de *Phaseolus vulgaris* L., de la variedad oti expuestas diferentes niveles de salinidad por NaCl.

De las variedades evaluadas solo la variedad oti llegó a floración (Figura 5) durante el tiempo de evaluación (58 días). Este resultado muestra una aceleración en el proceso de floración reportado por Estrada-Gómez et al. (2004), quienes reportan el inicio de floración a partir del día 53 para esta variedad en condiciones normales. En este estudio el tiempo de floración representa una aceleración de la respuesta en un 64.15% pues la primera estructura floral se presentó al día 34.



El aceleramiento de floración en la variedad oti puede deberse a una respuesta genética a la aplicación de salinidad y a la aplicación de la solución nutritiva que se agregó, compuesta por nitrato de potasio, nitrato de calcio, fosfato de monopotasio, sulfato de magnesio y sulfato de potasio, ya que las dos restantes no presentaron esos cambios y siendo variedades genéticamente diferentes, con mejoras según el entorno donde son cultivadas, su reacción fue distinta.

El potasio es el catión principal en la planta, una sus funciones principales radican en la promoción del balance eléctrico de la mayoría de los aniones minerales y orgánicos, tales como carboxilatos. Por lo tanto, el potasio es esencial para el desarrollo de la planta y para el normal funcionamiento de sus tejidos. El catión potasio toma una parte crucial en los procesos metabólicos en la célula, sirve como un regulador osmótico y participa en diversos procesos que tienen que ver con la regulación del agua en la planta (Oosterhuis et al., 2014). Además de proveer nitrógeno fácilmente disponible. El nitrato permite que la planta minimice la absorción del cloruro cuando este elemento nocivo esté presente en la solución del suelo o en el agua de riego. De igual forma, el potasio que procede del nitrato de potasio contrarresta los efectos nocivos del sodio.

Volkmar y colaboradores (1998) indican que la tasa de reducción de la fotosíntesis y la translocación de asimilados bajo condición salina depende de las especies y las concentraciones de sal, algunas pruebas mostraron que a bajos niveles de salinidad se estimula la tasa de fotosíntesis y en consecuencia la tasa de fotosíntesis aumentó.

Días a fructificación y número de vainas

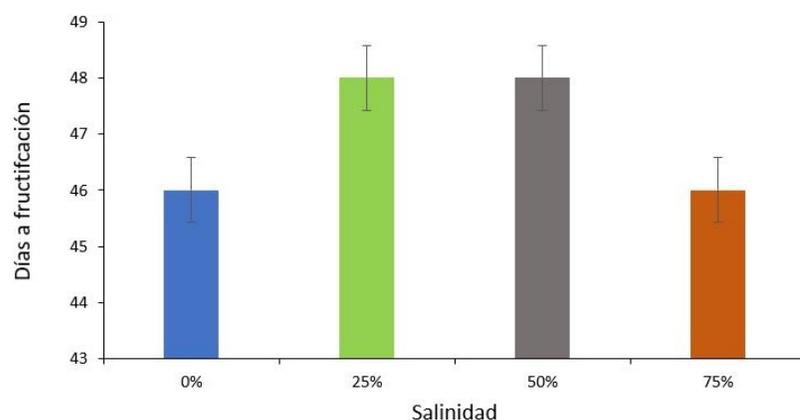


Figura 6. Días a fructificación en las plantas de *Phaseolus vulgaris* L., variedad oti expuestas diferentes niveles de salinidad por NaCl.



En el número de frutos existieron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) entre las variedades (Figura 6). Según la prueba Tukey, la variedad oti fue la única que presentó frutos durante el tiempo de evaluación. Además, presentó una floración adelantada en un 64.1 % que lo describe en la literatura. En este estudio se evidencia la tolerancia de esta variedad ante niveles bajos y controlados de salinidad, resultando en un aceleramiento del tiempo para la aparición del periodo reproductivo de plantas de esta variedad, esto puede explicarse desde el objetivo biológico de las especies para dejar descendencia ante fenómenos que promuevan estrés fisiológico, sin embargo las rojo granada y ojo de cabra 400 presentaron una respuesta contraria a la variedad oti pues disminuyeron su crecimiento, además de presentar daños morfológicos y estructurales.

Biomasa fresca

Cuadro 3. Agrupamiento de Tukey de acuerdo con la biomasa fresca de las variedades de frijol durante el experimento. Valores con la misma letra son iguales estadísticamente según la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

Variedad	Media
Rojo granada	99.501 a
Ojo de cabra	65.476 b
Oti	64.812 b

Existieron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$) entre las variedades evaluadas. De acuerdo con la prueba de Tukey (Cuadro 3) la variedad roja granada tuvo mayor peso fresco que las variedades ojo de cabra y oti, además, destacó la producción de biomasa fresca en relación a la variedad ojo de cabra 400, pues ambas son reportadas con crecimiento indeterminado, lo cual puede indicar que la variedad rojo granada tuvo un impacto menor en la exposición a estrés salino que la variedad ojo de cabra 400.

El peso fresco, se relaciona principalmente con la entrada de agua a la planta vía corriente transpiratoria, la cual puede modificarse debido a la disminución de la resistencia estomática, en este estudio se observó que aumentando la dosis de NaCl (39 Mm y 55Mm) se disminuyó considerablemente la parte aérea de las plantas. Barrios-Gómez y colaboradores (2010) mencionan que

la diversidad génica en las distintas variedades de frijol aporta una capacidad para el ajuste osmótico en respuesta a condiciones de sequía, y las diferentes formas de respuesta fisiológicas, contribuyen al mantenimiento de turgencia con cúmulos de materia seca.

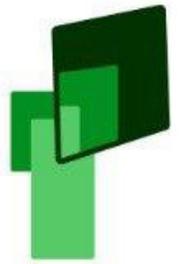
Argentel et al. (2009) indican que la producción de biomasa y relación raíz/follaje son criterios comúnmente utilizados para seleccionar individuos con tolerancia a la salinidad, ya que el efecto inhibitorio que causa el estrés salino sobre estas variables de crecimiento, es más notable en los cultivares sensibles a la salinidad, que en los tolerantes de la misma especie; esto indica, que el cultivar evaluado ojo de cabra 400 y rojo granada, se podría clasificar como sensible, debido a la drástica disminución del peso seco presentada al aumentar la concentración por encima de 20mM de NaCl.

Por su parte, Chinnusamy & Zhu (2004) discuten que el potencial del plasmalema en las células vegetales favorece el transporte pasivo del Na⁺ hacia el interior de las células, especialmente bajo condiciones de alto contenido de Na⁺ extracelular; sin embargo, el exceso de Na⁺ extracelular entra a la célula, a través del transportador HKT1 y de los canales transportadores de cationes no selectivos, que resulta en una disminución de la relación K⁺ /Na⁺ en el citosol, que tiene como consecuencia la alteración de los procesos metabólicos, en los cuales, está implicado el K⁺ y, por tanto, el crecimiento, expresado en términos de acumulación de materia seca, se ve seriamente afectado.

CONCLUSIONES

Las variedades evaluadas en este estudio mostraron una respuesta fisiológica diferente en relación con las concentraciones de salinidad por NaCl evaluadas, lo cual indica que el genotipo y la interacción con el medio tienen una respuesta diferencial, pues se comprobó que la variedad oti mostró un desarrollo acelerado en sus etapas de crecimiento, acortando el ciclo de vida de la variedad, por lo tanto, puede ser un material potencial para ser sembrada en suelos cuya salinidad por NaCl esté cercana a los 25 Mm.

Al respecto, la variedad rojo granada presentó un mayor crecimiento y número de hojas al ser sometida a bajos niveles de sal (25 mM), sin embargo, la salinidad provocó un retraso en las respuestas fisiológicas de floración y fructificación, las cuales pueden incidir en el rendimiento, consideraciones que deberán analizar los productores de acuerdo a índices de rentabilidad del cultivo.



Finalmente, la variedad ojo de cabra 400 resultó ser la variedad más susceptible a la salinidad, pues mostró una disminución considerable en la emergencia de hojas, además de ser susceptibles a procesos acelerados de necrosis y marchitamiento, por lo tanto, no es una variedad recomendada para suelos con altos niveles de salinidad.

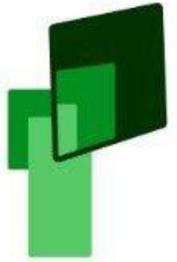


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akram, M., Ashraf, M., Ahmad, R., Waraich, E., Iqbal, J., & Mohsan, M. (2010). Screening for salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) hybrids at an early seedling stage. *Pak. J. Bot*, 42, 141-154.
- Argentel, L., López, R. C., Fonseca, I., Girón, R., Gómez, E., González, L. M., & López Aguilar, D. R. (2009). Contenido de clorofila e iones en la variedad de trigo harinero Cuba-C-204 en condiciones de estrés salino. *Cultivos Tropicales*, 30(4), 32-37.
- Barrios-Gómez, E. J., López-Castañeda, C., & Kohashi-Shibata, J. (2011). Relaciones hídricas y temperaturas altas en frijol del tipo «flor de mayo». *Agronomía Costarricense*, 35(1), 131-145. <https://doi.org/10.15517/rac.v35i1.6690>
- Chinnusamy, V., & Zhu, J.-K. (2004). Plant salt tolerance. En H. Hirt & K. Shinozaki (Eds.), *Plant Responses to Abiotic Stress* (pp. 241-270). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39402-0_10
- Cramer, G. R. (2003). Differential effects of salinity on leaf elongation kinetics of three grass species. *Plant and Soil*, 253(1), 233-244.
- Estrada-Gómez, J. A., Estrada-Trejo, V., Hernández-Livera, A., Molina-Moreno, J. C., & Campos-Escudero, A. (2004). Oti, una nueva variedad de frijol para el valle de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(1), 115-116. <https://doi.org/10.35196/rfm.2004.1.115>



- Flores-Pacheco, J. A., Sánchez, W. J. L., & Sevilla, J. J. M. (2019). Necesidades hídricas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA rojo en condiciones del trópico húmedo de Nicaragua. *La Calera*, 19(32), 16-23. <https://doi.org/10.5377/calera.v19i32.8436>
- Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, M. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., & Hernández-Delgado, S. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común. *Avances y perspectivas. Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(2), 95-104.
- Morales-Rosales, E. J., Escalante-Estrada, J. A., Tijerina-Chávez, L., & Volke-Haller, V. (2006). Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra latinoamericana*, 24, 55-64.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Oosterhuis, D. M., Loka, D. A., Kawakami, E. M., & Pettigrew, W. T. (2014). The Physiology of Potassium in Crop Production. En D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 126, pp. 203-233). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800132-5.00003-1>
- Rosales-Serna, R., Ochoa, R., & Acosta, J. (2001). Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperíodo. *Agrociencia*, 35, 513-523.
- Roy, S. J., Negrão, S., & Tester, M. (2014). Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 26, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.12.004>
- Sandoval, F., Arreola, J. G., Lagarda, Á., Trejo, R., Esquivel, O., & García, G. (2010). Efecto de niveles de NaCl sobre fotosíntesis y conductancia estomática en nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, IX(2), 135-141.



- Sangerman-Jarquín, D. M., Acosta-Gallego, J. A., Schwenstesius de Rindermann, R., Damián Huato, M. Á., & Larqué Saavedra, B. S. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(3), 363-380.
- Suerio, A., Rodríguez, M., & Martín, S. (2011). El uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol: Una alternativa para la agricultura sostenible en Sagua la Grande.
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., & Inzunza-Ibarra, M. A. (2006). La fertilización nitrogenada y la salinidad del suelo afectan la transpiración y absorción de nutrimentos en plantas de chile. *Terra Latinoamericana*, 24(3), 391-399.
- Volkmar, K. M., Hu, Y., & Steppuhn, H. (1998). Physiological responses of plants to salinity: A review. *Canadian Journal of Plant Science*, 78(1), 19-27. <https://doi.org/10.4141/P97-020>

EFFECTS OF THE VARIATION OF THE MASS FLOW OF WATER TO HEAT ON THE HEAT TRANSFER RATE IN A SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER USING THE EES SOFTWARE



120

Jorge Luis Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana/Facultad de Ingeniería mecánica y eléctrica.
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa
jorarenas@uv.mx

jorge.arenas@itsx.edu.mx

Jorge Arturo Del Ángel Ramos

Universidad Veracruzana

jdelangel@uv.mx

María del Carmen Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana

mararenas@uv.mx

Juan José Marín Hernández

Universidad Veracruzana

jmarin@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández

Universidad Veracruzana

kbanuelos@uv.mx

José Gustavo Leyva Retureta

Universidad Veracruzana

guleyva@uv.mx

Fecha de recepción: 15/08/2022

Fecha de aprobación: 30/08/2022

Resumen

El presente trabajo busca estudiar los efectos de la razón del flujo masico del agua (fluido a calentar) sobre la razón de transferencia de calor y el área superficial en el lado del tubo, en un intercambiador de calor de coraza y tubos de 2 pasos por la coraza y 12 pasos por los tubos. Para ello, se hace uso del software de ingeniería EES. Se inicia por mostrar la metodología convencional, en la cual, se presenta la resolución manual y el cálculo para un solo valor del flujo masico. Seguido, se presenta el cálculo a través de EES.

Palabras clave: Razón de transferencia de calor, área superficial.

Abstrac

The present work aims to study the effects of the mass flow rate of water (fluid to be heated) on the heat transfer rate and the surface area on the tube side, in a shell and tube heat exchanger with 2 shell passages and 12 tube passages.

For this purpose, the EES engineering software is used. We start by showing the conventional methodology, in which the manual resolution and the calculation for a single value of the mass flow is presented. Then, the calculation through EES is presented.

Keywords: Heat transfer ratio, surface area.

INTRODUCCION

El objetivo primordial de un intercambiador de calor es la transferencia de calor entre dos fluidos (liquido o gas) los cuales están a diferentes temperaturas. Un aspecto fundamental de estos dispositivos es que los fluidos utilizados no están en contacto entre ellos, el calor es transferido del fluido con mayor temperatura hacia el de menor temperatura al encontrarse ambos fluidos en contacto térmico con las paredes metálicas que los separan. Dicho intercambio puede ser aplicado para calentar un fluido frío mediante un fluido con mayor temperatura o en su caso, reducir la temperatura de un fluido mediante un fluido con menor temperatura. En general, se clasifican en Intercambiadores de calor de contacto directo y contacto indirecto, haciendo referencia al grado de contacto entre los fluidos.

Dada la importancia de estos dispositivos en la industria, se realizan estudios y modelos para el correcto dimensionamiento de un intercambiador de calor. Para ello, es necesario disponer de ciertos datos de partida, como son el caudal de proceso, la temperatura inicial y final, así como las propiedades físicas de los fluidos.

Por un factor esencial para el cálculo y dimensionamiento de un intercambiador de calor es la caracterización del comportamiento de los fluidos de manera precisa, mediante ensayos de laboratorio o con ayuda de software computacional. El presente trabajo busca estudiar el efecto de la variación del flujo masico de agua a calentar en un intercambiador de calor de coraza y tubos por medio del software de ingeniería EES (por sus siglas en inglés, Engineering Equation Solver).

LA RAZÓN DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN POR EL SOFTWARE DE INGENIERÍA EES

Generalmente, el ingeniero a cargo es quien debe seleccionar el intercambiador de calor que logre un cambio de temperatura específica de una corriente de fluido de flujo masico conocido, o bien, de predecir las temperaturas de salida del fluido caliente y del frío en un intercambiador de calor específico. Por ello, una ecuación fundamental que estudia a los intercambiadoras de calor

basada en la primera ley de la termodinámica indica que la velocidad de la transferencia de calor desde el fluido caliente sea igual a la transferencia de calor hacia el frío, matemáticamente:

$$Q = \dot{m}_c C_{p_c} (T_{c,salida} - T_{c,entrada})$$

$$Q = \dot{m}_h C_{p_h} (T_{h,entrada} - T_{h,salida})$$

en donde los subíndices c y h se refieren a los fluidos frío y caliente, respectivamente

\dot{m}_c y \dot{m}_h son los flujos masicos.

C_{p_c} y C_{p_h} son los calores específicos.

$T_{c,salida}$ y $T_{h,salida}$ son temperaturas de salida.

$T_{c,entrada}$ y $T_{h,entrada}$ son temperaturas de entrada.

Otra relación fundamental es la relación para la diferencia media logarítmica de temperatura, que es la forma apropiada de la diferencia de temperatura promedio en el análisis de los intercambiadores de calor. Así mismo, incluye un factor de corrección F, el cual depende de la configuración geométrica del intercambiador y de las temperaturas de entrada y de salida de las corrientes de fluido caliente y frío.

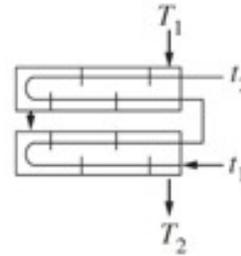
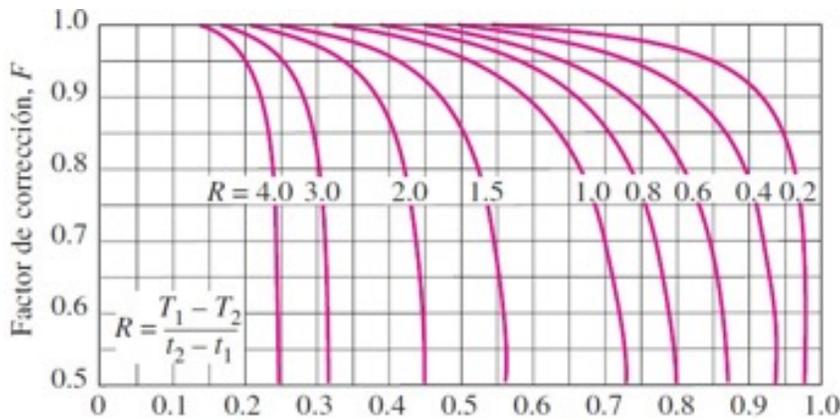
$$\Delta T_{ml} = F \Delta T_{ml,CF}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)}$$

Donde:

ΔT_1 y ΔT_2 representan la diferencia de temperatura entre los dos fluidos en ambos extremos (de entrada y de salida) del intercambiador.

El factor de corrección se da en función de la siguiente figura (Cengel, Y., & Ghajar, J).



$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

b) Dos pasos por la coraza y 4, 8, 12, etc. (cualquier múltiplo de 4) pasos por los tubos

El cual, da el factor de corrección F para las configuraciones comunes de los intercambiadores de flujo cruzado y de coraza y tubos en función de las razones P y R entre dos temperaturas, definidas como:

La forma convencional indica la sustitución de los valores y el uso de otras relaciones para hallar los parámetros solicitados. Sin embargo, si se quisiera estudiar la variación de algún parámetro inicial y ver cómo afecta al sistema, el proceso resulta tedioso y poco práctico. Por ello se presenta una metodología para estudiar esas variaciones, específicamente del flujo masico.

METODOLOGÍA

Se presenta el enunciado obtenido del libro transferencia de calor y masa, 2011, por Yunus A. Çengel & Afshin J. Ghajar:

Se utiliza un intercambiador de calor de coraza y tubos de 2 pasos por la coraza y 12 pasos por los tubos para calentar agua ($c_p = 4180 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$) con glicol de etilenglicol ($c_p = 2680 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$). El agua a 22°C ingresa a los tubos a una razón de 0.8 kg/s y sale de ellos con una temperatura de 70°C . El etilenglicol ingresa a la coraza a 110°C y sale de ella a 60°C . Si el coeficiente general de transferencia de calor en el lado del tubo es de $280 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$ determine la razón de la transferencia de calor y el área superficial de transferencia de calor del lado del tubo.

Se utilizará la ventana de ecuaciones del software de ingeniería EES para plantear las relaciones que permitan calcular los parámetros solicitados en función de las condiciones de entorno. Pero antes, se procede a plantear la resolución de la forma convencional.

Los datos son:

$$T_{c,salida} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{c,entrada} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{m}_c = 0.8 \text{ kg/seg}$$

$$C_{p_c} = 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$T_{h,entrada} = 110 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{h,salida} = 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p_h} = 2.680 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$U_i = 0.280 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

Se procede a calcular la tasa de transferencia de calor en este intercambiador de calor:

$$Q = \dot{m}_c C_{p_c} (T_{c,salida} - T_{c,entrada})$$

$$Q = (0.8 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}) (4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}) (70 \text{ }^{\circ}\text{C} - 22 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$Q = 160.512 \text{ kW}$$

El siguiente parámetro para calcular es la superficie de transferencia de calor en el lado del tubo. La diferencia de temperatura media logarítmica para la disposición en contracorriente y el factor de corrección F son:

$$\Delta T_1 = T_{h,entrada} - T_{c,salida} = 110^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = T_{h,salida} - T_{c,entrada} = 60^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C} = 38^\circ\text{C}$$

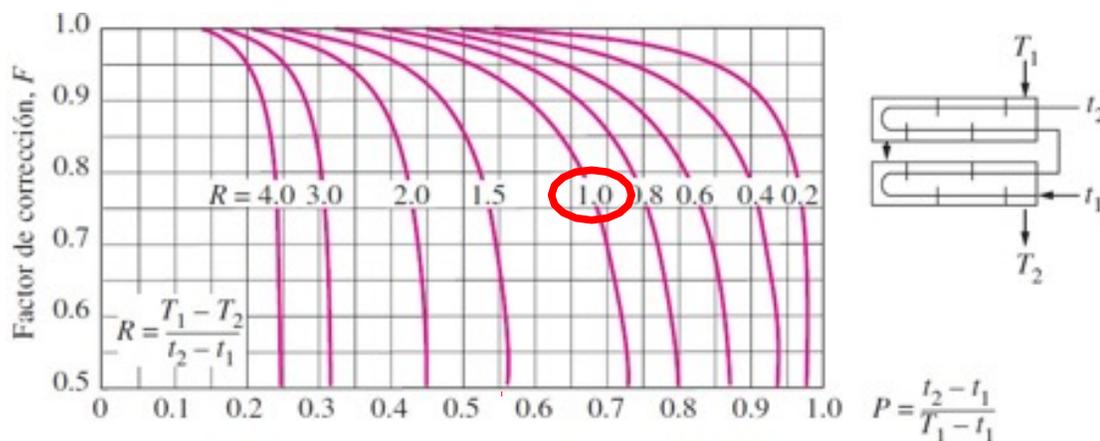
$$\Delta T_{ml,CF} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = \frac{40 - 38}{\ln\left(\frac{40}{38}\right)} = 39^\circ\text{C}$$

Así mismo, se requiere el factor de corrección, para ello:

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \frac{70 - 22}{110 - 22} = 0.545454 \cong 0.55$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{110 - 60}{70 - 22} = 1.0416666 \cong 1.04$$

Utilizando:



b) Dos pasos por la coraza y 4, 8, 12, etc. (cualquier múltiplo de 4) pasos por los tubos

Por lo tanto, la superficie de transferencia de calor en el lado del tubo se determina a través de:

$$Q = U_i A_i F \Delta T_{ml,CF}$$

Despejando:

$$A_i = 15.977 \cong 16 \text{ m}^2$$

Concluye el método convencional. Reconsiderando el problema y sus condiciones de entorno, con el software EES se estudiará el efecto de la razón del flujo masico del agua sobre la razón de transferencia de calor y el área superficial en el lado del tubo. Variando dicho flujo masico de 0.4 kg/s a 2.2 kg/s. La siguiente figura muestra la ventana de ecuaciones de EES:

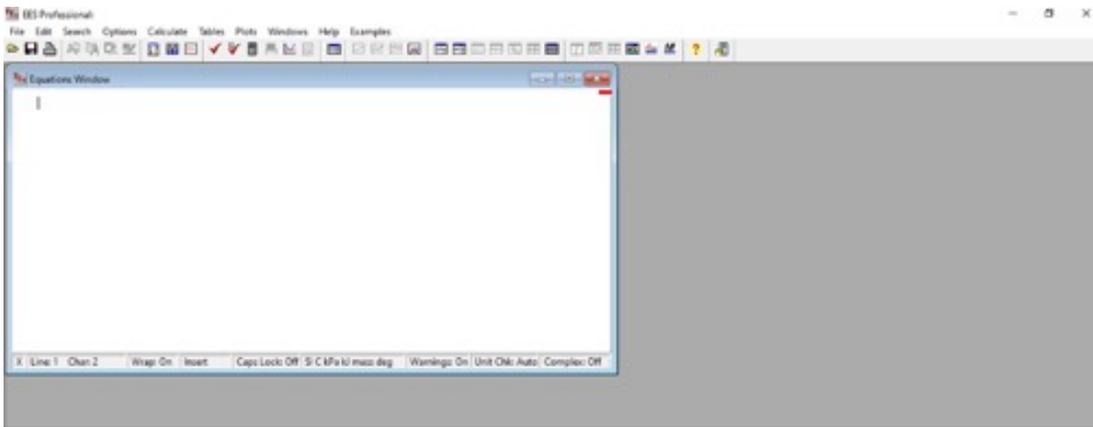


Figura 1 Ventana de ecuaciones de EES (fuente propia, 2022).

Se introducen los datos iniciales en el software tal y como se muestra:

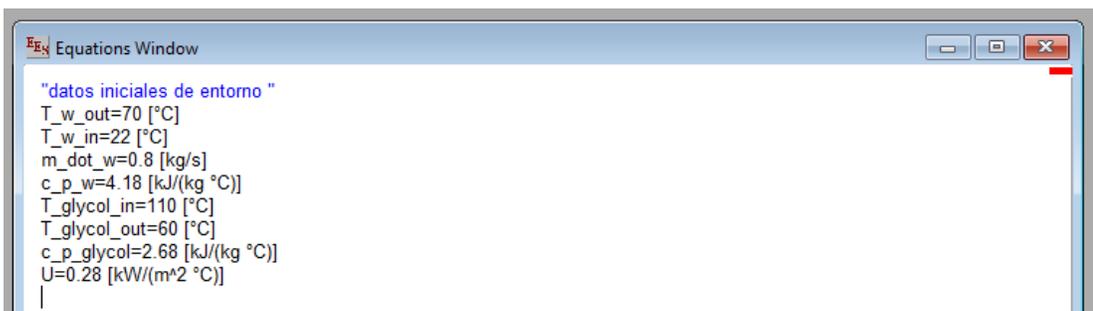


Figura 2 Captura de los datos iniciales de entorno (fuente propia, 2022).



Seguido, se plantean las ecuaciones y las relaciones basadas en las ecuaciones usadas en el método convencional. Esto se muestra en la siguiente figura.



```
"datos iniciales de entorno"  
T_w_out=70 [°C]  
T_w_in=22 [°C]  
m_dot_w=0.8 [kg/s]  
c_p_w=4.18 [kJ/(kg °C)]  
T_glycol_in=110 [°C]  
T_glycol_out=60 [°C]  
c_p_glycol=2.68 [kJ/(kg °C)]  
U=0.28 [kW/(m² °C)]  
|  
"relaciones fundamentales"  
Q_dot=(m_dot_w)*(c_p_w)*(T_w_out-T_w_in)  
DELTA_T_1=T_glycol_in-T_w_out  
DELTA_T_2=T_glycol_out-T_w_in  
DELTA_T_lm_CF=(DELTA_T_1-DELTA_T_2)/ln(DELTA_T_1/DELTA_T_2)  
P=(T_w_out-T_w_in)/(T_glycol_in-T_w_in)  
R=(T_glycol_in-T_glycol_out)/(T_w_out-T_w_in)  
F=0.92 "obtenida del método convencional"  
Q_dot=U*A*F*DELTA_T_lm_CF
```

Figura 3 Captura de las ecuaciones (fuente propia, 2022).

Entonces, planteadas las ecuaciones, en la ficha TABLAS, se debe crear una nueva tabla paramétrica:

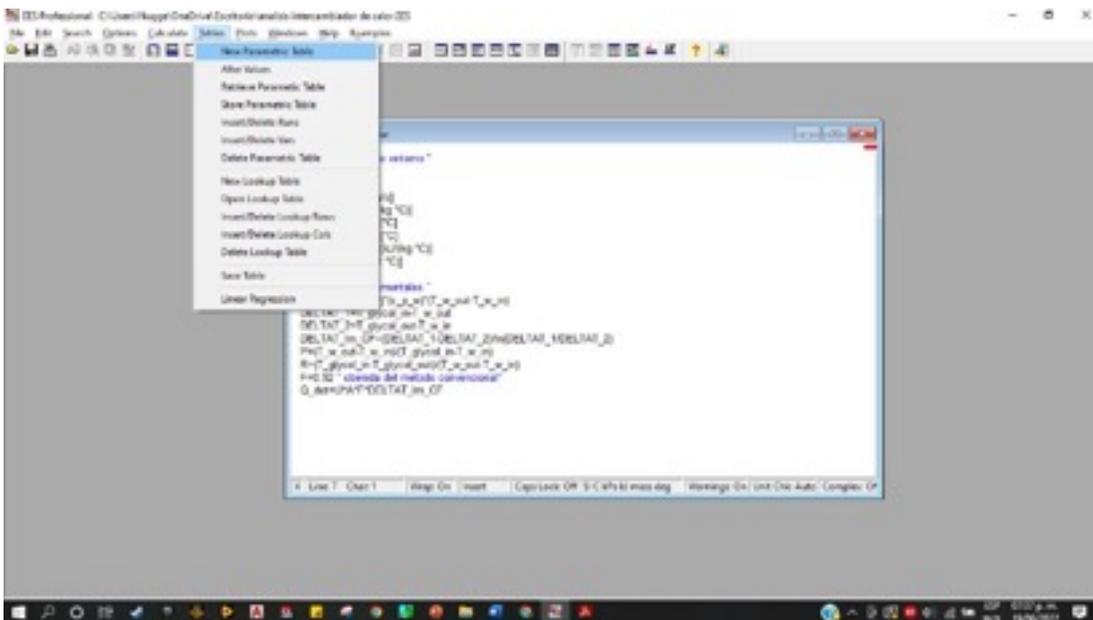


Figura 4 Crear la tabla paramétrica (fuente propia, 2022).



Al seleccionar esa opción, aparece la ventana mostrada a continuación. En la cual, se va a seleccionar las variables que son de interés analizar su comportamiento. Empezando por el flujo masico, el cual es va a variar con valores establecidos de 0.4 a 2.2. de la misma forma el área de transferencia y la razón de transferencia.

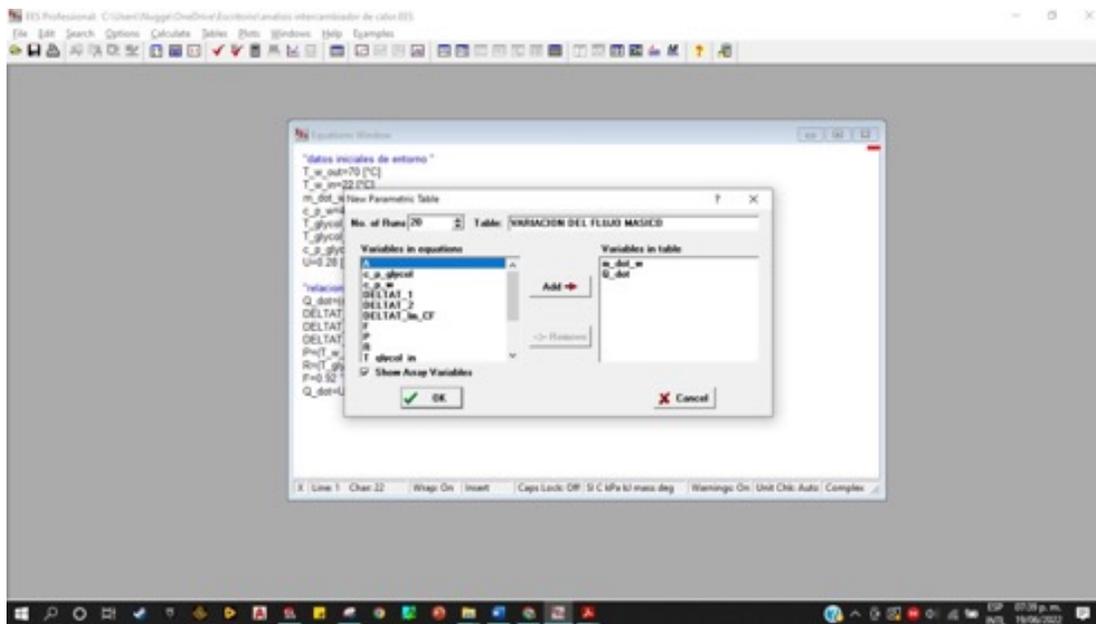


Figura 5 selección de las variables (fuente propia, 2022).

Al seleccionar OK, desplegará la tabla:

Run	\dot{m} [kg/s]	\dot{Q} [KW]	A [m ²]
Run 1	1.20	[KW]	[m ²]
Run 2			
Run 3			
Run 4			
Run 5			
Run 6			
Run 7			
Run 8			
Run 9			
Run 10			
Run 11			
Run 12			
Run 13			
Run 14			
Run 15			
Run 16			
Run 17			
Run 18			
Run 19			
Run 20			

Figura 6 Tabla paramétrica vacía (fuente propia, 2022).



La figura de abajo muestra la configuración para el flujo masico:

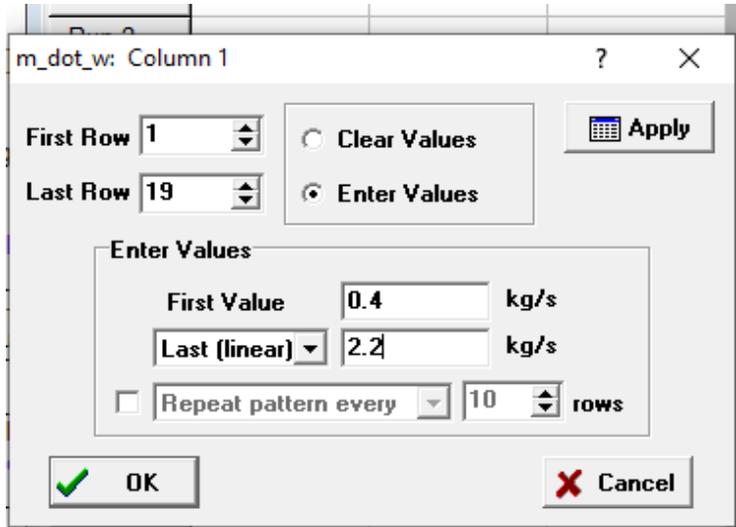


Figura 7 Los parámetros en función del flujo masico (fuente propia, 2022).

Se procede a marcar como comentario el valor del flujo masico en la ventana de ecuaciones, esto para poder resolver la tabla paramétrica. Una vez hecho, con F3 se resuelve la tabla:

```

"datos iniciales de entorno "
T_w_out=70 [°C]
T_w_in=22 [°C]
"m_dot_w=0.8 [kg/s] "
c_p_w=4.18 [kJ/kg °C]]
T_glycol_in=110 [°C]
T_glycol_out=60 [°C]
c_p_glycol=2.68 [kJ/kg °C]]
U=0.28 [kW/(m² °C)]

"relaciones fundamentales "
Q_dot=(m_dot_w)*(c_p_w)*(T_w_out-T_w_in)
DELTA_T_1=T_glycol_in-T_w_out
DELTA_T_2=T_glycol_out-T_w_in
DELTA_T_lm_CF=(DELTA_T_1-DELTA_T_2)/ln(DELTA_T_1/DELTA_T_2)
P=(T_w_out-T_w_in)*(T_glycol_in-T_w_in)
R=(T_glycol_in-T_glycol_out)/(T_w_out-T_w_in)
F=0.92 "obtenida del metodo convencional"
Q_dot=U*A*F*DELTA_T_lm_CF
                    
```

	m_w [kg/s]	Q [kW]	A [m ²]
Run 1	0.4	80.26	7.99
Run 2	0.5	100.3	9.988
Run 3	0.6	120.4	11.99
Run 4	0.7	140.4	13.98
Run 5	0.8	160.5	15.98
Run 6	0.9	180.6	17.98
Run 7	1	200.6	19.98
Run 8	1.1	220.7	21.97
Run 9	1.2	240.8	23.97
Run 10	1.3	260.8	25.97
Run 11	1.4	280.9	27.97
Run 12	1.5	301	29.96
Run 13	1.6	321	31.96
Run 14	1.7	341.1	33.96
Run 15	1.8	361.2	35.96
Run 16	1.9	381.2	37.95
Run 17	2	401.3	39.95
Run 18	2.1	421.3	41.95
Run 19	2.2	441.4	43.95
Run 20			

Figura 8 Tabla paramétrica resuelta (fuente propia, 2022).

Una vez resuelta la tabla, se muestran los parámetros de estudio, los cuales varían según el valor establecido para el flujo masico. La siguiente figura detalla los resultados:





	1	2	3
	\dot{m}_w [kg/s]	\dot{Q} [kW]	A [m ²]
Run 1	0.4	80.26	7.99
Run 2	0.5	100.3	9.988
Run 3	0.6	120.4	11.99
Run 4	0.7	140.4	13.98
Run 5	0.8	160.5	15.98
Run 6	0.9	180.6	17.98
Run 7	1	200.6	19.98
Run 8	1.1	220.7	21.97
Run 9	1.2	240.8	23.97
Run 10	1.3	260.8	25.97
Run 11	1.4	280.9	27.97
Run 12	1.5	301	29.96
Run 13	1.6	321	31.96
Run 14	1.7	341.1	33.96
Run 15	1.8	361.2	35.96
Run 16	1.9	381.2	37.95
Run 17	2	401.3	39.95
Run 18	2.1	421.3	41.95
Run 19	2.2	441.4	43.95
Run 20			

Figura 9 Detalle de la tabla paramétrica resuelta (fuente propia, 2022).

Donde lo encerrado por el rectángulo es el flujo masico usado inicialmente en el método convencional.

Lo siguiente es obtener una gráfica que represente los datos de la tabla paramétrica. La siguiente figura muestra la configuración para la primera tabla:

Figura 10 Configuración para el diagrama razón de transferencia de calor contra flujo masico (fuente propia, 2022).

Al dar click en OK se despliega la gráfica que muestra la variación de \dot{Q} (razón de transferencia de calor) con respecto al flujo masico, mostrada a continuación.

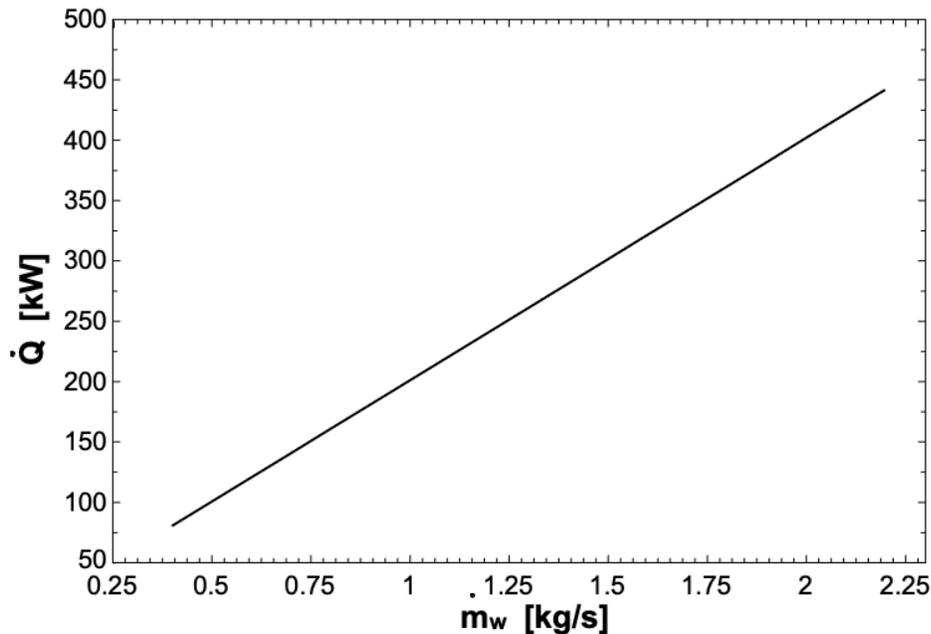


Figura 11 Diagrama razón de transferencia de calor contra flujo masico (fuente propia, 2022).

De la misma forma, se obtiene el diagrama para la superficie de transferencia de calor. La siguiente figura muestra la configuración.

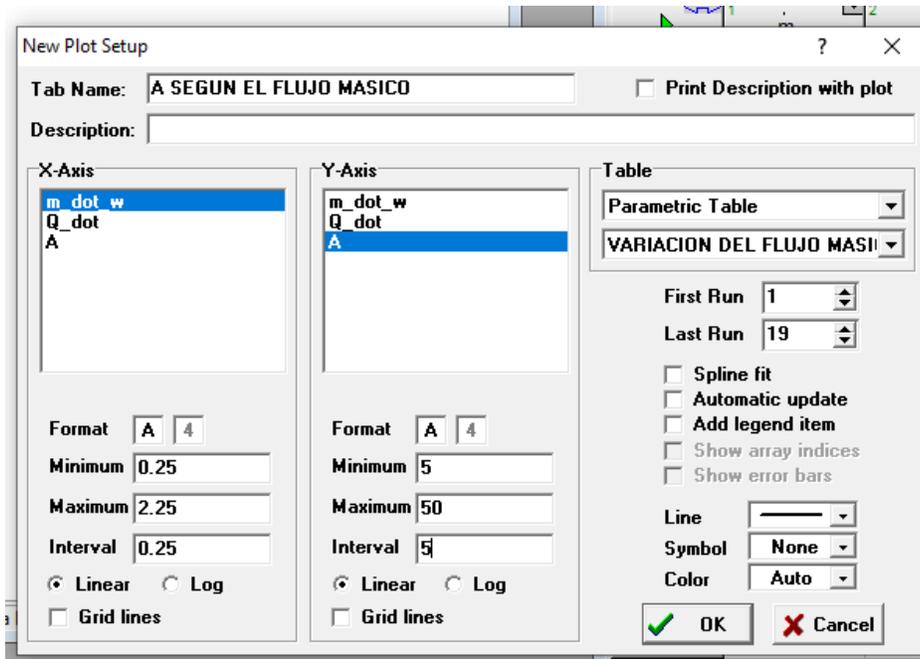


Figura 12 Configuración para el diagrama superficie de transferencia de calor contra flujo masico (fuente propia, 2022).

Lo que arroja el siguiente diagrama:

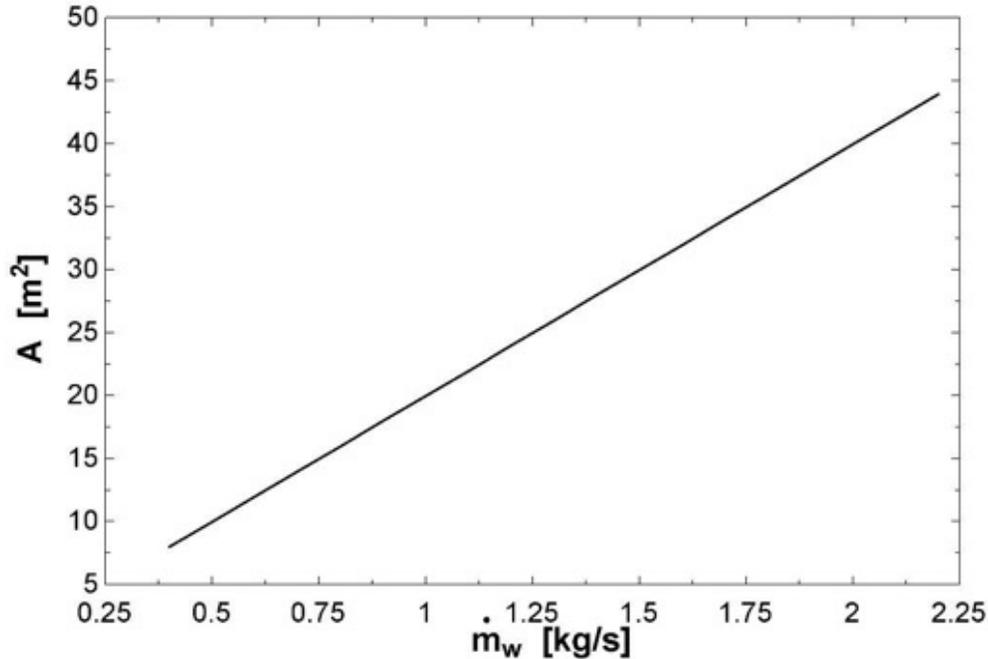


Figura 13 Diagrama superficie de transferencia de calor contra flujo masico (fuente propia, 2022).

RESULTADOS

Como se aprecia en los diagramas de las figuras 11 y 13, al aumentar el flujo masico del agua a calentar también aumenta no solo la tasa de transferencia de calor, sino también el área superficial de transferencia de calor del lado del tubo. Esto se puede deducir desde las fórmulas:

$$Q = \dot{m}_c C_{p_c} (T_{c,salida} - T_{c,entrada})$$

Donde Q es proporcional al flujo masico, en este caso del agua a calentar. Al aumentar la magnitud del flujo masico, Q también aumentará.

De la misma forma, del despeje de la formula:

$$Q = U_i A_i F \Delta T_{ml,CF}$$

Se puede observar que el área superficial de transferencia de calor aumentará si la razón de transferencia aumenta.

La figura 14 muestra un diagrama donde se aprecian ambos diagramas.

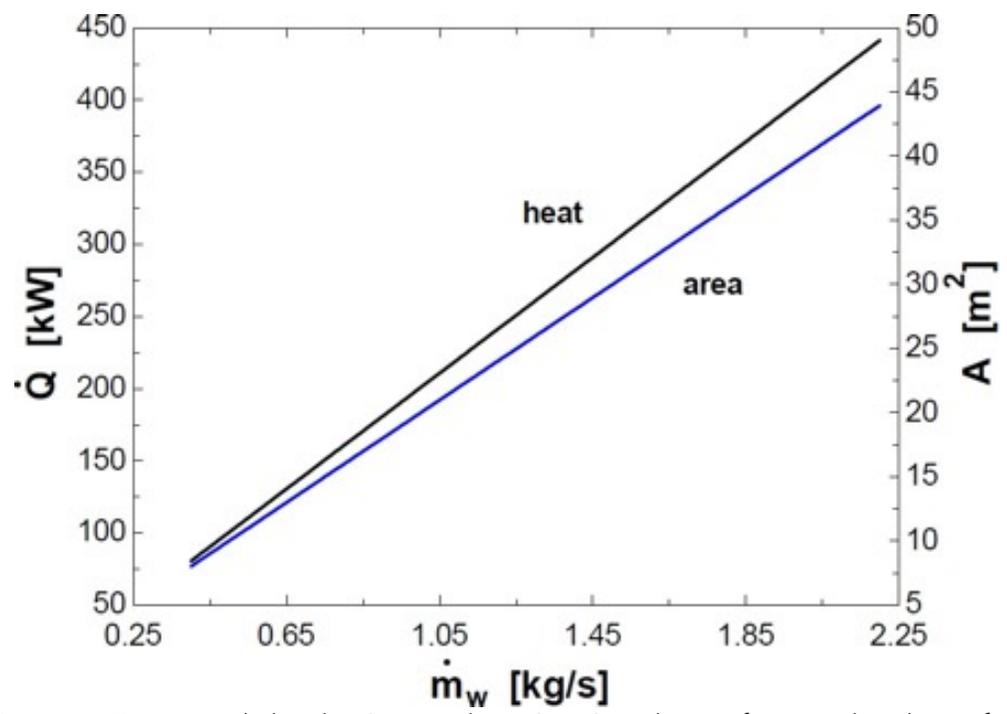


Figura 14 Diagrama de la relación entre la razón y área de transferencia de calor en función de la variación del flujo masico (fuente propia, 2022).

Y como se aprecia, con la propuesta de una variación para el flujo masico de 0.4 a 2.2 kg/seg (un aumento), su efecto sobre la razón de transferencia de calor y el área superficial en el lado del tubo es aumentar dichas cantidades de forma lineal.

CONCLUSIONES

El uso de un software de ingeniería es fundamental para corroborar los resultados, agilizar procesos de cálculos o la obtención de diagramas que, de otra forma, serian tediosas de realizar a mano. Algunos, como lo es EES, tiene una base de datos de propiedades de diversos fluidos y materiales, los cuales son de gran utilidad por su practicidad a la hora de realizar cálculos, ya sea para el estudiante o para el profesional en campo.

EES resultado de gran ayuda por su naturaleza, pues este software en su esencia, resuelve conjuntos de ecuaciones algebraicas y sistemas de ecuaciones simultaneas, además de contar herramientas para la presentación de esos datos, como tablas y diagramas. Así mismo, cuenta con una base de datos de propiedades termodinámicas, permitiendo realizar cálculos y obtener diagrama de estado de diferentes análisis y ciclos.

Dada su interfaz intuitiva, EES resulta una herramienta computacional de excelencia para el análisis matemático (por su editor de ecuaciones) y el análisis gráfico (gráficas y tablas) dentro de la ingeniería, permitiendo volver prácticos los procesos de cálculo. El problema analizado es idóneo para evidenciar lo anterior, pues requiere el uso de las mismas formulas en las cuales, una variable tendría valore establecidos, para después tabular y graficar ese comportamiento.

Si bien el uso del software no reemplaza al método convencional, sí que lo complementa, pues da recursos gráficos, análisis de modelado entre otros. Se invita a la comunidad estudiantil a explorar más herramientas digitales, pues estas, son un complemento a la formación académica y en práctica de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- González, A. (2018), Historia de la dinámica de fluidos computacional (CFD), Instituto Politécnico Nacional, México.
- Forester, T. (1995), Sociedad de alta tecnología. La historia de la revolución de la tecnología de la información, Redes, vol. 2, núm 4.
- Girón, J. (2020), Educación y pandemia una visión académica, Universidad nacional autónoma de México, México.
- Aguirre, E. (2017), Forma alternativa de la ecuación de continuidad bajo la restricción de densidad constante, Asociación Argentina de Mecánica Computacional, argentina.
- Yunus, A. y Afshin, J. (2007), Transferencia de calor y masa fundamentos y aplicaciones, 4ª. Ed. México. McGRAWHILL.
- Cabanzón, J. (2018), Diseño y cálculo de un intercambiador de calor, Escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicación, España.
- Robert, W y Alan, T. (1997), Introducción a la mecánica de fluidos, 2ª. Ed. México. McGRAW-HILL.
- Frank M. (2003), Mecánica de fluidos, 5ª. Ed. España. McGRAW-HILL.

- Agüera, J. (1996), Mecánica de fluidos incompresibles y turbomáquinas hidráulicas, 4ª. Ed. España. EDITORIAL CIENCIA 3, S.L.
- Zamora, B y Viedma, A. (2016), Máquinas hidráulicas Teoría y problemas, 1ª. Ed. Cartagena. Crai UPCT ediciones.
- Alfalaval. (2015). Intercambiador de calor. Definición, funcionamiento, tipos, aplicaciones y mucho más.
- Cengel, Y. A. (2011). Transferencia de Calor y Masa. México D.F.: Mc Graw Hill.
- E- metal. (2016). Intercambiadores de calor. Obtenido de <https://www.ee-metal.com/es/techniques/heat-exchangers/>
- Sacome. (2019). Intercambiador de calor. Usos, ventajas y aplicaciones. Obtenido de <https://www.sacome.com/intercambiador-tubular-usos-ventajas->

TECNOLOGÍA PARA EL APROVECHAMIENTO HIDRÁULICO PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD DE BAJA ESCALA EN VERACRUZ



136

Juan José Marín Hernández

Universidad Veracruzana

jmarin@uv.mx

Jorge Arturo Del Ángel Ramos

Universidad Veracruzana

jdelangel@uv.mx

Jorge Luis Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana/Facultad de Ingeniería mecánica y eléctrica.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

jorarenas@uv.mx

jorge.arenas@itsx.edu.mx

María del Carmen Arenas Del Ángel

Universidad Veracruzana

mararenas@uv.mx

Karina Patricia Bañuelos Hernández

Universidad Veracruzana

kbanuelos@uv.mx

Fecha de recepción: 15/08/2022

Fecha de aprobación: 30/08/2022

Resumen

En el presente trabajo se realiza una revisión del marco legal y tecnológico para la instalación de proyectos de generación hidroeléctrica a escala minihidroeléctrica en México y particularmente en el Estado de Veracruz. Las condiciones orográficas y naturales del Estado de Veracruz permiten que haya un gran potencial hidráulico definidos por sus cinco grandes cuencas y microcuencas que hasta el momento ha sido desaprovechado. La capacidad hidroeléctrica instalada hasta el momento es de sólo 159 MW.

Palabras clave: energía hidráulica, generación de electricidad, cascada calichar, microcuenca pixquiatic, procesamiento estadístico.

Abstrac

In the present work, a review of the legal and technological framework for the installation of hydroelectric generation projects at the mini-hydroelectric scale in Mexico and particularly in the State of Veracruz is carried out. The orographic and natural conditions of the State of Veracruz allow there to be a great hydraulic potential defined by its five large basins and micro-basins that until now has been wasted. The hydroelectric capacity installed so far is only 159 MW.

Keywords: hydraulic power, electricity generation, calichar waterfall, pixquiatic micro-basin, statistical processing.

ENERGÍA HIDRÁULICA E HIDROELÉCTRICA

La energía hidráulica se refiere al aprovechamiento de la energía potencial que tiene el agua que se obtiene buscando una caída de agua desde cierta altura a un nivel inferior, la que luego se transforma en energía mecánica, con el uso de una rueda hidráulica o turbina. Esta energía se puede utilizar directamente para mover un pequeño aserradero, un molino o maquinaria de un beneficio de café.

También es posible conectar la turbina a un generador eléctrico y de esta manera transformar la energía mecánica en energía eléctrica, con la ventaja de trasladar con mayor facilidad la energía a los puntos de consumo y aplicarla a una gran variedad de equipos y usos productivos.

Por lo tanto, la cantidad de potencia y energía disponible en el agua de un río o una quebrada, está en relación directa a la altura o caída disponible, así como de la cantidad de agua que se trasiega. Como estrategia inicial para escoger un posible aprovechamiento hidráulico se debe buscar la mayor caída o altura disponible y de esta manera usar la cantidad mínima de agua que se requiera para satisfacer las necesidades de energía y potencia.

El aprovechamiento de la energía potencial del agua para producir electricidad constituye, en esencia, la energía hidroeléctrica y es, por tanto, un recurso renovable y autóctono. El conjunto de instalaciones e infraestructura para aprovechar este potencial se denomina central hidroeléctrica.

ENERGÍA HIDROELÉCTRICA EN LA ACTUALIDAD

Los países han comenzado a fomentar el uso de las energías renovables, desarrollando así tecnologías más eficientes, modificando también sus marcos legales para lograr un aumento en la generación de la energía eléctrica utilizando fuentes alternativas. Algunos de los países con mayor desarrollo en esta área se encuentran China, Estados Unidos, España, Brasil, etc. La energía hidroeléctrica sigue siendo la fuente de energía renovable más grande, ya que satisface el 16% de la demanda mundial de electricidad para 2023.

Los países líderes en aplicación de la energía hidroeléctrica son China, Brasil, Canadá, Estados Unidos, la Federación Rusa, India y Noruega, estos se mantuvieron igual en los últimos años y juntos representan aproximadamente el 63% de la capacidad instalada al final del año.



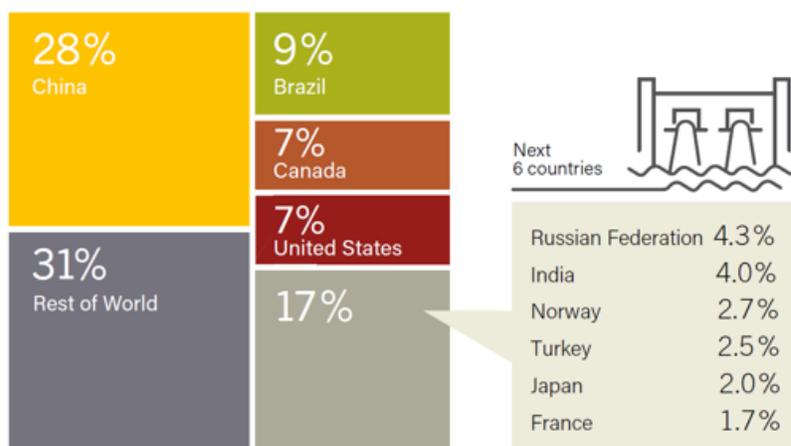


Figura 1 Capacidad global de energía hidroeléctrica, acciones de los 10 países principales y el resto del mundo, 2017. Fuente: Renewables 2018 – Global Status Report

MÉXICO Y LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.

En México solo se ha desarrollado un poco más del 2% del potencial hidráulico, para poder explotar al máximo esta energía es necesario conocer con certeza el potencial pequeño, mini o micro hidráulico. Ya que en otros países se ha logrado un desarrollo acelerado de esta fuente energética teniendo resultados positivos.

En los últimos años el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) ha hecho diferentes estimaciones y estudios de dicho potencial para lograr el auto abasto industrial y actividades del medio rural.

Los nuevos límites propuestos mundialmente son los siguientes:

- Las micro hidroeléctricas se desarrollan por lo regular para la conversión a energía mecánica en el medio rural. (<10kW)
- Las mini hidroeléctricas se desarrollan para la conversión a energía mecánica y/o eléctrica. Por lo general operan en red aislada. (100<kW<1,000)
- Las pequeñas centrales se desarrollan para la conversión a energía eléctrica para auto abasto y están interconectadas a la red pública. (1<MW<<30)



Figura 2 Capacidad y generación en Centrales Hidroeléctricas 2017 (MW, GWh) Fuente: PRODESEN 2018-2032, SENER

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) ha presentado datos estadísticos en relación del potencial eléctrico en México, siendo de 53000 MW. Y la Secretaría de Energía (SENER) muestra que nuestro país actualmente cuenta con una capacidad instalada de 50727.680 MW, de la cual solo el 22.25% es producido en centrales hidroeléctricas.

La energía hidroeléctrica ocupa el primer puesto dentro de las energías renovables en México. Para el periodo de 2007-2017 la capacidad instalada de generación de energía hidroeléctrica creció a una tasa media anual de 1.1%. (Secretaría de Energía SENER, 2018).

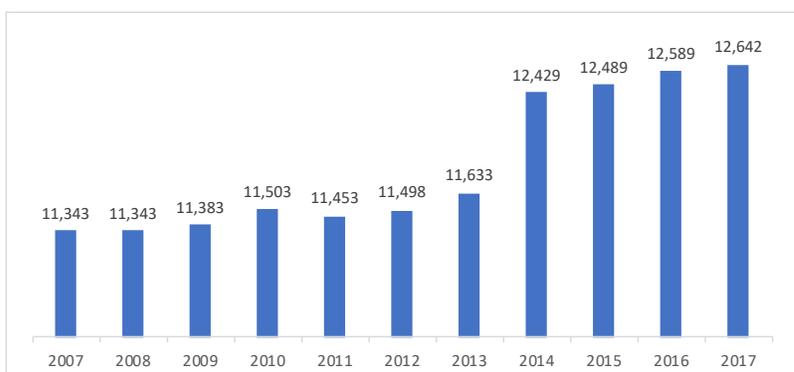


Figura 3. Evolución de la capacidad de Generación de Energía Hidroeléctrica (MW) Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032

Al cierre de 2017, se reportaron 86 centrales de generación hidroeléctrica en todo el país. En la región Oriental se identificó la mayor capacidad instalada de centrales hidroeléctricas. La generación bruta de hidroenergía creció 3.0% entre 2016 y 2017, para ubicarse en 31,848 GWh. Chicoasén nuevamente se

posiciona como la principal central hidroeléctrica en el país con una capacidad instalada de 2,400 MW y una generación bruta de 4,615 GWh, según el CENACE en 2017.

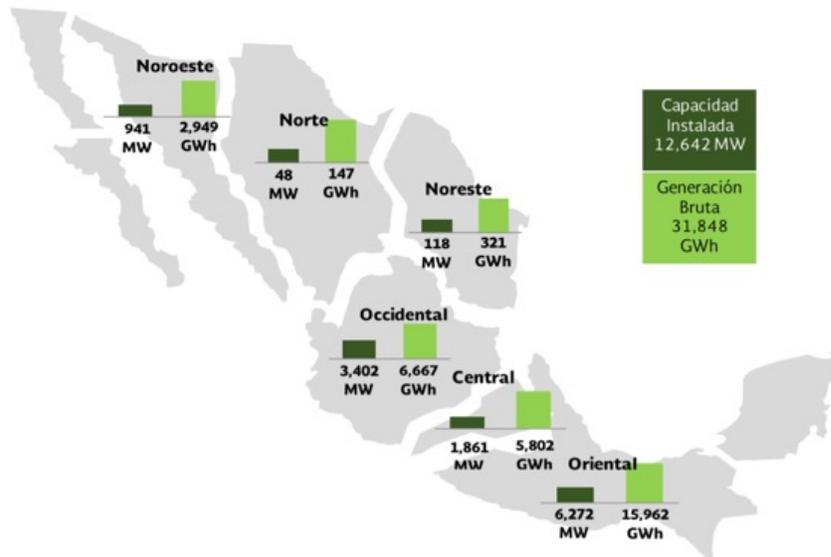


Figura 4 Capacidad instalada y Generación bruta de Centrales Hidroeléctricas por Región de Control, 2017 (MW, GWh) Fuente: Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032, SENER

CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN VERACRUZ.

La tabla 1 muestra las centrales hidroeléctricas instaladas en el Estado de Veracruz, se puede observar que todas ellas son de pequeña capacidad. Asimismo existe un gran potencial no aprovechado.

Tabla 1 Centrales de Generación Hidroeléctrica Veracruz 2017 Fuente: PRODESEN 2018-2032, SENER

No.	Nombre	Entidad Federativa
1	Tuxpango	VER
2	Chilapan	VER
3	Electricidad del Golfo	VER
4	Minas	VER
5	Encanto	VER
6	Procesamiento Energético Mexicano	VER
7	Cervecería Cuahtémoc Moctezuma, Planta Orizaba	VER

MARCO LEGAL

Los mecanismos y ordenamientos legales que intervienen en el contexto de las energías limpias.

Ley de Aguas Nacionales

Artículo 20.- De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Artículo 28.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría.

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE)

Artículo 4.- Para los efectos de esta Ley, la prestación del servicio público de energía eléctrica comprende:

- I. La planeación del sistema eléctrico nacional
- II. La generación, conducción, transformación, distribución y venta de energía eléctrica
- III. La realización de todas las obras, instalaciones y trabajos que requieran la planeación, ejecución, operación y mantenimiento del sistema eléctrico nacional.

Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN)

El programa sirve como indicativo de generación y para modernizar redes de transmisión y distribución, promoviendo la eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema.

TECNOLOGÍAS DE CENTRALES MINIHIDROELÉCTRICAS.

Son centrales con una potencia instalada menor de 10 MW. Comenzaron a construirse a principios del siglo XX y solían ser instalaciones modestas que generaban electricidad a pequeñas poblaciones. En su mayoría son instalaciones de agua fluyente, lo que quiere decir que generan electricidad mientras tienen un caudal superior a un mínimo técnico (según instalación) y se paran cuando el caudal baja de ese nivel.

La obra civil se compone de los elementos de retención y almacenamiento (azudes y presas), destinados a retener el cauce del río, y los elementos de seguridad para la evacuación de caudales, integrados por aliviaderos y compuertas. Asimismo, forman parte de la obra civil las conducciones hidráulicas (toma de agua, tubería forzada, etc.) el canal de descarga y el edificio de la central.

Turbinas hidráulicas

Son máquinas que se encargan de convertir la energía potencial almacenada en el azud, en energía cinética rotacional que, mediante el movimiento en un eje, hace funcionar el generador.

Existen dos tipos de turbinas hidráulicas, las de reacción y las de acción. Las turbinas de reacción son utilizadas para las centrales de agua fluyente y las turbinas de acción son utilizadas para las centrales de pie de presa.

Turbinas de reacción

Es aquella que utiliza tanto la velocidad del agua (energía cinética) como la presión del flujo de agua, para poder desarrollar un trabajo eficientemente.

En estas turbinas el giro del rodete no coincide con la dirección de entrada y de salida del agua; se conforman a partir del flujo de las tuberías de presión que conducen el agua del canal hacia la central. El rodete se encuentra inundado y la presión de entrada es mayor que la presión atmosférica. Como las turbinas Francis y las turbinas de hélice (Kaplan).



Turbina Francis.

La turbina Francis, inventada por el ingeniero de origen inglés James Bichens Francis (1815-1892), es la turbina más comúnmente utilizada en las actuales centrales hidroeléctricas.

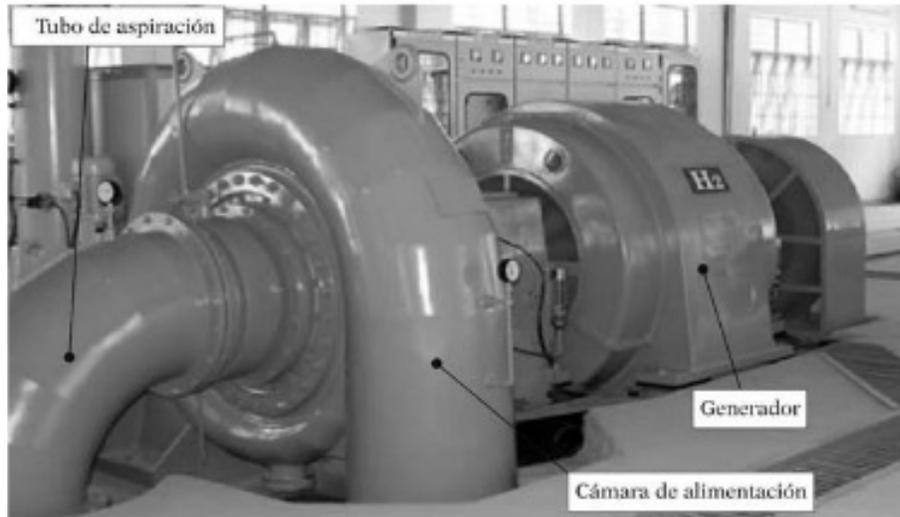


Figura 5 Turbina Francis de eje horizontal acoplada a un generador. Fuente: Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables

Se utilizan para saltos de agua en desniveles de aproximadamente entre los 25 y los 250 metros de altura, llegan a cubrir velocidades que fluctúan entre los 450 y los 50 r.p.m. Se instalan en lugares donde existen flujos de aproximadamente 2 y 200m³/s del caudal entubado.

Cuentan con los siguientes elementos:

Cámara espiral, Distribuidor, Rodete, Tubo de aspiración, Eje, Equipo de sellado del eje de turbina, Cojinete de empuje.

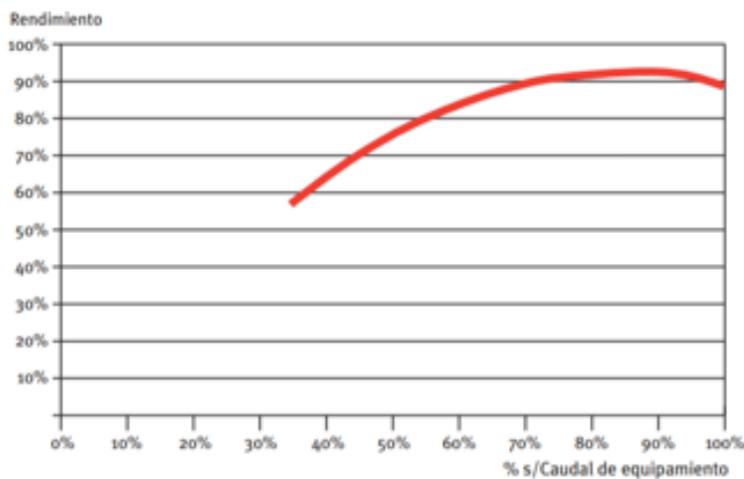


Figura 6 Rendimiento de una turbina Francis. Fuente: www.idae.es

La forma en que funciona es cuando el agua pasa a presión por la cámara espiral y esta es canalizada para controlar el gasto, función llevada a cabo por las palas fijas (ante distribuidor), así la energía cinética aumenta haciendo que el agua pase por el distribuidor para hacer girar el rodete.

No toda la energía potencial del agua embalsada se convierte en energía cinética, el agua restante actúa como sobrepresión entre el rodete y el distribuidor, llamada presión de reacción.

Una vez llevada a cabo la conversión de energía cinética a eléctrica por medio del generador, el agua es devuelta al cauce original del río mediante el tubo de aspiración creando una presión negativa realizando un efecto de succión.



Figura 7 Rodete Francis. Fuente: <http://inciarco.info/comunidades/showthread.php?t=796>
Turbina Kaplan.

La turbina Kaplan, inventada por el ingeniero austriaco Viktor Kaplan (1876-1934)→, puede ser de dos tipos; de regulación doble (verdadera Kaplan) y regulación simple o semi-Kaplan.

Se utilizan para saltos menores a los 50 metros y con caudales grandes de aproximadamente $500 \text{ m}^3/\text{s}$, su velocidad varía entre los 300 y 1100 r.p.m., o sea que, aprovecha los caudales elevados y las pequeñas alturas.

Las principales partes de la turbina son:

Cámara espiral, Distribuidor, Rodete, Palas, Tubo de desfogue.



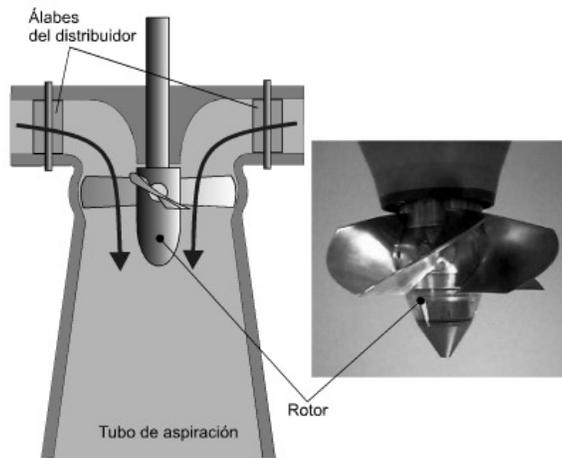


Figura 8 Esquema de una turbina Kaplan. Fuente: Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables

Su funcionamiento es similar al de las turbinas Francis. El agua entra a la cámara espiral para después hacer girar el rodete por medio del distribuidor. La diferencia es que al haber mayor carga de líquido se debe reducir el diámetro del rodete, aumentando la caída de agua, modificando el ángulo de los alabes y disminuyendo su número. Esto representaba un problema ya que, el agua le da de forma axial, o sea, en dirección del eje y no radial como las turbinas Francis.

Para ello, los alabes giran sobre la marcha y se van ajustando automáticamente según la carga para poder tener condiciones máximas de acción, y el número de alabes depende de la altura de la caída del agua, estas van desde 2 y 4 para las alturas pequeñas y de 5 a 8 para las alturas mayores.

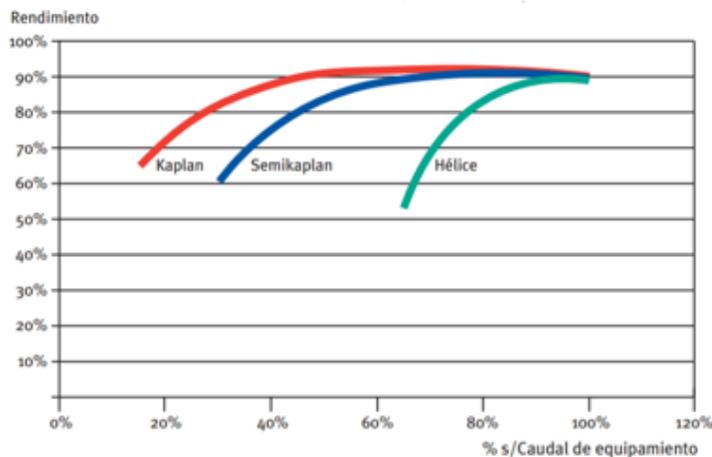


Figura 9 Rendimiento de turbinas Kaplan, Semi-Kaplan y Hélice Fuente: www.idae.es



Turbinas de acción

Son turbinas que utilizan solo la velocidad del agua para realizar su trabajo eficientemente, la salida y la entrada son prácticamente iguales, esto quiere decir que la energía del agua que sale del distribuidor es totalmente cinética. Son turbinas de admisión parcial, ya que solo permiten el flujo del agua en una parte del rodete, la presión del agua no varía en los alabes. El rodete no se encuentra inundado y se encuentra a presión atmosférica.

La turbina más utilizada en la práctica es la turbina Pelton, aunque también existen otras, tales como la turbina Banki Michell y la turbina Turgo de inyección lateral; pero solo hablaremos de la turbina Pelton.

Turbina Pelton

La turbina Pelton, inventada por el ingeniero estadounidense Lester Allen Pelton (1829-1908), constituye la turbina de acción más ampliamente utilizada porque admite saltos de gran altura (mayores a los 100 metros) y para pequeños caudales de aproximadamente $10 \text{ m}^3/\text{s}$, llegan a obtener una velocidad de salida del inyector de unos 150 m/s . Son capaces de turbinar hasta el 10% del caudal nominal con rendimientos óptimos. Pueden instalarse de manera horizontal y vertical, con uno o varios inyectores, así como de uno o varios rodetes.

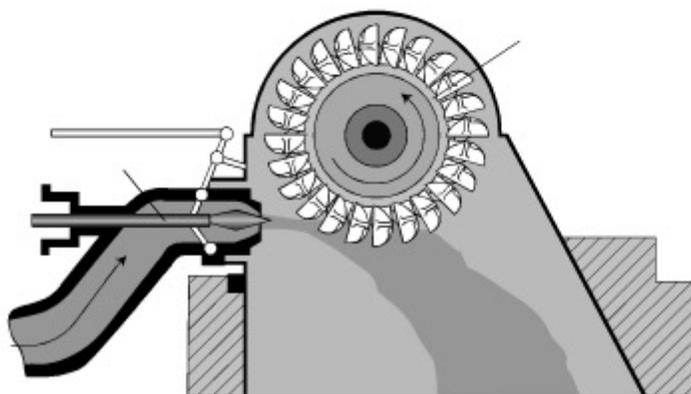


Figura 10 Turbina Pelton Fuente: Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables

Las partes de estas turbinas son:

Tubería de distribución, Inyector, Rodete, Carcasa, Cámara de descarga, Eje de turbina.



Esta funciona de manera que la energía potencial gravitatoria que se obtiene del agua embalsada es llevada por medio de una tubería forzada hacia la tubería de distribución, y es ahí, donde la energía potencial, casi sin pérdidas, se convierte en energía cinética.

Al salir el agua a través del inyector que está equipado de una válvula de aguja, pieza que controla la salida del agua de la tobera, tiene como función la de cerrar más o menos los orificios, para así poder mantener una velocidad constante del rodete y poder evitar empalamientos, o que de alguna manera se produzca una reducción del número de revoluciones de este, por la disminución o aumento de la carga solicitada por el generador.

Para disponer de la máxima energía cinética, el agua es pasada por el inyector de tal manera que el chorro es dirigido tangencialmente hacia los alabes del rodete, originándose dos chorros que salen despedidos lateralmente dirigidos hacia la cámara de descarga. Una vez hechos los movimientos correspondientes de la turbina, se produce la conversión de energía eléctrica por medio del eje de la turbina acoplado al generador.

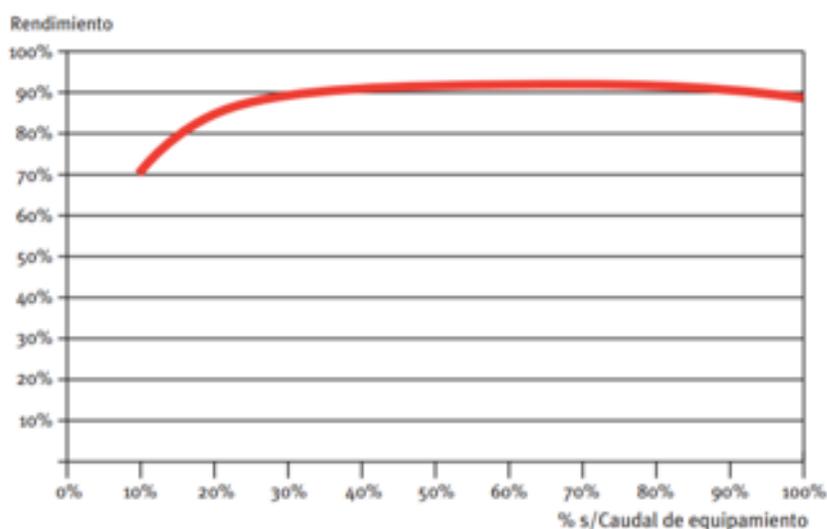


Figura 11 Rendimiento turbina Pelton. Fuente: www.idae.es

Dependiendo del salto y del caudal se puede usar una turbina u otra. En general, la turbina se utiliza de acuerdo con los siguientes criterios:

- Kaplan. Saltos pequeños y caudales variables.
- Francis. Saltos más elevados y variaciones de caudal moderadas.
- Pelton. Grandes saltos independientemente del caudal.

Teniendo en cuenta que las turbinas de reacción grandes ofrecen mejor rendimiento que las pequeñas, ya que el rendimiento aumenta cuando el diámetro de salida aumenta.

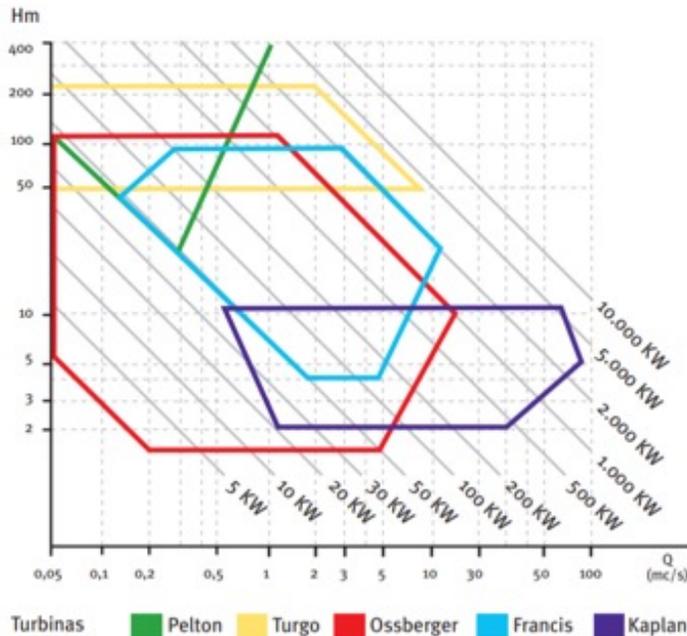


Figura 12 Campo de utilización de los diferentes tipos de turbina Fuente: www.idae.es

La máxima potencia producida por un el generador es la potencia nominal expresada en la siguiente fórmula (Cengel, 2018):

$$P_n = 9.81 \cdot Q_n \cdot H_n \cdot R_t \cdot R_g \quad (12)$$

Siendo:

P_n = Potencia nominal en KW

Q_n = Caudal de equipamiento en m^3/s

H_n = Salto neto de diseño en metros

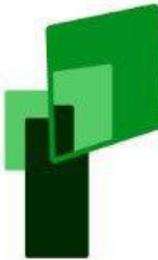
R_t = Rendimiento de la turbina para H_n y Q_n de diseño

R_g = Rendimiento nominal del generador

Generadores eléctricos.

Para transformar la energía mecánica de rotación de la turbina en energía eléctrica se utilizan generadores eléctricos. Estos pueden ser de corriente continua (dinamo) o de corriente alterna (alternador). Estos últimos son los únicos que se utilizan actualmente.





El alternador está compuesto de dos partes fundamentales:

- Rotor o inductor móvil, encargado de generar un campo magnético variable al girar arrastrado por la turbina
- Estator o inducido fijo, en el que se genera la corriente eléctrica.

Respecto a la posición de su árbol de giro, los generadores se clasifican en generadores de eje vertical y generadores de eje horizontal. Las máquinas eléctricas de corriente alterna utilizadas se clasifican en máquinas síncronas y máquinas asíncronas o de inducción.

El síncrono convierte la energía mecánica en eléctrica a una velocidad constante llamada sincronismo, expresada de la siguiente forma:

$$N_s = \frac{60f}{p} \quad (13)$$

Donde:

N_s = velocidad de sincronismo expresada en rpm

f = frecuencia en Hz

p = número de pares de polos del generador

Para producir una corriente continua se emplean diferentes sistemas de excitación:

- Autoexcitación estática, proveniente de la propia energía eléctrica generada
- Excitación con diodos giratorios, crea una corriente alterna invertida con polos en el estátor
- Excitación auxiliar, la corriente se genera a través de un dinamo auxiliar regulado por un reóstato



Figura 13 Estator y rotor de un generador síncrono. Fuente: <http://www.remitec.mex>.

[tl/341945_Productos.html](http://www.remitec.mex/tl/341945_Productos.html)

El asíncrono se utiliza como generador eléctrico por su simplicidad y bajo costo en las centrales de pequeña potencia. Se necesita que un par mecánico se comunique con el rotor para que produzca una velocidad de giro superior a la de sincronismo.

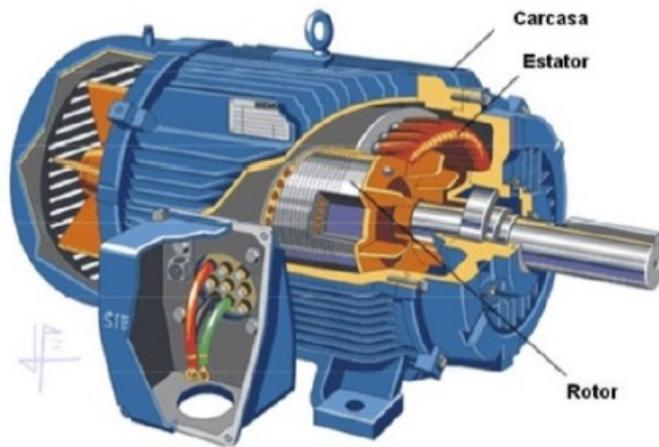


Figura 14 Generador asíncrono. Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/6222991/>
Motores-asincronostrifasicos.

CONCLUSIONES

A pesar de que en México se tiene un desarrollo considerable de las energías renovables, el sector hidroeléctrico aun es escaso, ya que se han abandonado este tipo de proyectos, aun así, sigue siendo uno de los principales generadores de energía limpia.

De acuerdo con estudios de la Secretaría de Energía (SENER) el sector hidroeléctrico se ha aprovechado un poco más de la cuarta parte de este. Aun así, el gobierno busca aprovechar esta energía teniendo 47 proyectos hidroeléctricos del 2019 – 2032. Siendo 13 de estos en el estado de Veracruz, en tiempos de 2019 – 2028.

Veracruz cuenta con cinco grandes cuencas hidráulicas, alimentadas por microcuencas que cuentan con características que las hacen propicias para la generación eléctrica de baja escala. Se hace necesario desarrollar proyectos específicos para comprobar su viabilidad técnica y económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aberg, E., Adib, R., Appavou, F., & Brown, A. (2018). Renewables 2018 Global status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century REN21, París, Francia.
- Carta, J., Calero, R., Colmenar, A., & Castro, M. (2009). Centrales de Energías Renovables.
- Cengel, Y.A., Cimbala J.M., 2018, Mecánica de Fluidos, Fundamentos y aplicaciones, Mc Graw-Hill, 4ta. Edición.
- Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis. (2012). Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Ley, México.
- García, H., & Nava, A. (2016). Selección y dimensionamiento de Turbinas Hidráulicas para Centrales Hidroeléctricas. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México.
- Instituto para la diversificación y para el ahorro de energía (IDEA). www.idae.es
- International Agency Energy. (2 de 11 de 2018). International Agency Energy (IAE). Obtenido de <https://www.iea.org/topics/renewables/hydropower/>
- Secretaría de Energía SENER. (2018). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2018-2032. México.
- Secretaría de Energía SENER. (2018). Prospectiva de Energías Renovables 2018-2032. México.
- Secretaría de Servicios Parlamentarios. (2016). Ley de Aguas Nacionales. Ley, México.
- Secretaría de Servicios Parlamentarios. (2018). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Ley, México.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015. Norma, México.

USO DEL AGUA EN EMPRESAS DEL MUNICIPIO DE LA ANTIGUA, VERACRUZ



152

Loida Melgarejo Galindo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
loida.mg@ugalvan.tecnm.mx

Rosalía Janeth Castro Lara

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx

Liliana López Chiquito

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
l18883497@ugalvan.tecnm.mx

Fecha de recepción: 25/08/2022

Fecha de aprobación: 30/08/2022

Resumen

La adecuada relación del hombre con su entorno y el cuidado de los recursos naturales reflejan la cultura ambiental. La conservación de nuestro entorno, depende de la preservación del medio y sus recursos naturales. En este caso como recurso indispensable, se identifica el uso del agua que se realiza por parte de las empresas del Municipio de La Antigua en el estado de Veracruz, a través de la evaluación de las actividades referentes al almacenamiento de agua, programas de ahorro de agua, reutilización del agua en las distintas empresas, uso de agua reciclada en las zonas con jardín. Se empleó una investigación cuantitativa, descriptiva mediante la técnica entrevista. Se obtuvieron los siguientes resultados: evaluación del uso del agua como indicador de cultura ambiental en las empresas del municipio de La Antigua, Veracruz y el determinar que frecuentemente el manejo y uso del agua no se implementa de forma adecuada en las empresas del lugar de estudio.

Palabras clave: Concientización, medio ambiente, organizaciones, recursos naturales.

Abstrac

The adequate relationship of man with his environment and the care of natural resources reflect the environmental culture. The conservation of our environment depends on the preservation of the environment and its natural resources. In this case, as an essential resource, the use of water by the companies of the Municipality of La Antigua in the state of Veracruz is identified, through the evaluation of activities related to water storage, water saving programs, water, reuse of water in the different companies, use of recycled water in garden areas. A quantitative, descriptive research was used using the interview technique. The following results were obtained: evaluation of the use of water as an indicator of environmental culture in the companies of the municipality of La Antigua, Veracruz and determining that frequently the management and use of water is not implemented adequately in the companies of the study site

Keywords: Awareness, environment, organizations, natural resources.

INTRODUCCIÓN

El deterioro del medio ambiente es un problema que aqueja a nivel mundial, debido a la indiscutible importancia para la subsistencia. Por ello, la reelevancia del cuidado y conservación de los recursos naturales, siendo el agua un elemento primordial, "La importancia del agua se inscribe en la cadena de las necesidades absolutas para la conservación de todas las especies vivientes. Recurso vital no sustituible, es por naturaleza el elemento más irremplazable de la vida. Recurso circular, toda utilización implica una alteración de todo el ecosistema. Recurso fluido, desafía las fronteras tanto naturales como artificiales. Recurso de múltiples usos, suscita intereses diversos y a menudo divergentes. Rolland et al.(2010).

El adecuado uso y manejo del agua se torna como actividad importante tanto en la individualidad y lo colectivo, en las organizaciones, en los distintos entes: sociales, políticos y económicos; en éste último se considera al sector empresarial, las cuales no deben exentar la actividad del manejo adecuado del recurso y por ende, gestionar una fuerte cultura ambiental, además de ser una actividad normativa requerida por parte de las autoridades, que obligan a cumplir a fin de no tener problemáticas de índole legal, así "La gestión del agua debe ser una preocupación de todas las organizaciones, en cualquier actividad productiva. La responsabilidad ambiental de la empresa debe superar el deber legal, implementando acciones de producción más limpia, control de calidad del agua y aprovechamiento adecuado del agua, en procura del desarrollo sostenible" Bernal, (2011).

Es importante mencionar debemos considerar que el cuidado del medio ambiente y de los recursos es importante a nivel mundial. Algunos organismos han establecido diversas estrategias para el cuidado del medio ambiente, como lo establece la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019), donde especifica que la meta de la educación ambiental es "formar una población mundial consciente y preocupada con el medio ambiente y con los problemas asociados, que tenga conocimiento, aptitud, actitud, motivación y compromiso para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones para los problemas existentes y para prevenir nuevos".

Actualmente, existen proyectos y campañas dirigidas al cuidado del medio ambiente, los cuales inician con la concientización de las personas, situación que ha llevado a realizar estudios respecto a manejo y cuidado del entorno.



Asimismo, se ha evaluado la cultura ambiental (Monroy, 2013). En ese sentido se han realizado actividades en pro de su preservación y cuidado, como es el del World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (Vilariño, 2018)

En apego a la investigación, se torna importante definir manejo de agua: "proceso mediante el cual se promueve la gestión coordinada y planificada del agua, el suelo y los recursos relacionados a fin de optimizar los beneficios económicos y el bienestar social sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas. Por lo tanto, el aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles" (UICN, 2021).

En el Municipio de La Antigua, al ser cabecera municipal, la cultura ambiental fuerte debe ser relevante por ser un lugar estratégico de la región, por su ubicación adecuada entre el puerto de Veracruz y la capital del estado, así mismo por poseer dentro de su territorio a Ciudad José Cardel, lugar con mayor mercadeo de dicho municipio y que conlleva a ser un lugar que marca el potencial económico de la zona.

Lo anterior, denota la importancia de evaluar la cultura ambiental de la zona y generar interés sobre las organizaciones, con el objetivo de evaluar el uso del agua en Empresas del Municipio de La Antigua, Veracruz.

METODOLOGÍA

La investigación deriva del proyecto general Cultura ambiental en las empresas de la zona centro del estado de Veracruz, posee un método cualitativo de tipo aplicativo debido a que tiene como finalidad es resolver un problema, mejorando el contexto. Es transversal porque se toma una sola muestra. Alvares & Delgado (2015) afirma que el estudio transversal también es conocido como encuesta de frecuencia o estudio de prevalencia. Por ello se define el uso de este estudio al realizarse en un tiempo determinado y en una población específico. La investigación es de tipo descriptiva, ya que busca determinar el nivel de cultura ambiental en las empresas del Municipio de La Antigua. El estudio de campo se desarrolló en el municipio de La Antigua, en el que se utilizó la técnica la encuesta y se utilizó como instrumento de medición un cuestionario integrado por 17 preguntas de escala tipo Likert referente donde



se incluyen preguntas con relación a las temáticas de: manejo de desechos, manejo del agua, manejo de electricidad. Una vez revisado y validado, el instrumento, se procedió a su aplicación final se aplicó en agosto 2021 a marzo de 2022, mediante google cuestionarios, mismo que se envió vía correo electrónico y teléfono a personal de empresas del municipio mencionado.

De acuerdo a la lista localizada en el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) se encuentran registradas 227 empresas, de las cuales se calculó una muestra de acuerdo a fórmula para poblaciones finitas, con el margen de error del 10% y un nivel de confianza del 95%, se determinó encuestar a 68 empresas o negocios, en la práctica, se logró muestrear a 115. Finalmente, posterior a la aplicación del instrumento, se recopiló la información para su tabulación, representación gráfica y análisis, que facilitó el logro de los objetivos de investigación, así como la generación de conclusiones y recomendaciones.

RESULTADOS

De acuerdo a la aplicación de instrumento el cual consistió en un cuestionario de 19 preguntas, con el objetivo de evaluar la Cultura Ambiental en las empresas del Municipio de La Antigua, Veracruz. Donde se estudiaron los apartados de plan de higiene y seguridad en el trabajo, programa de manejo de desechos, programa de ahorro de energía, y uso manejo del agua, de esta última se presentan los siguientes resultados.

Respecto al Giro de la empresa nos da como resultado que 37 empresas pertenecen al giro comercial, 36 de servicios y 42 pertenecen al giro industrial.

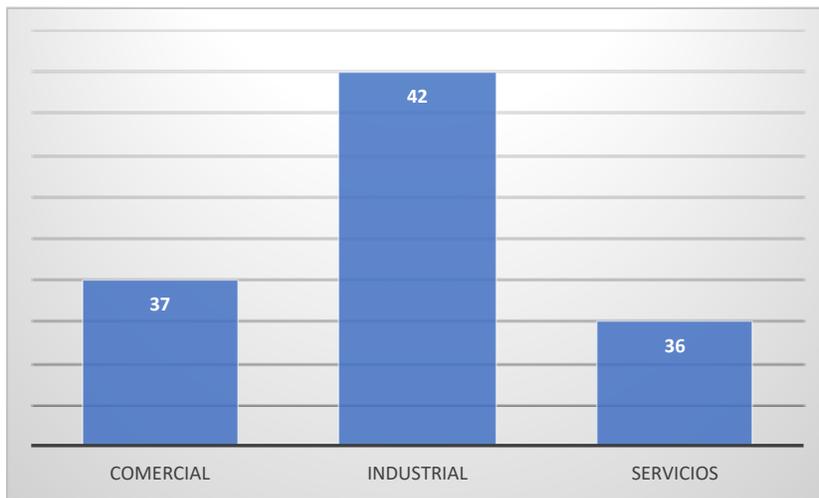


Figura 1. Giro de la empresa



Con relación de almacenamientos de agua, se especifica que 7 empresas lo realizan muy frecuentemente, 27 frecuentemente, 52 ocasionalmente, 23 casi nunca y 6 empresa especificó no realizarlo.

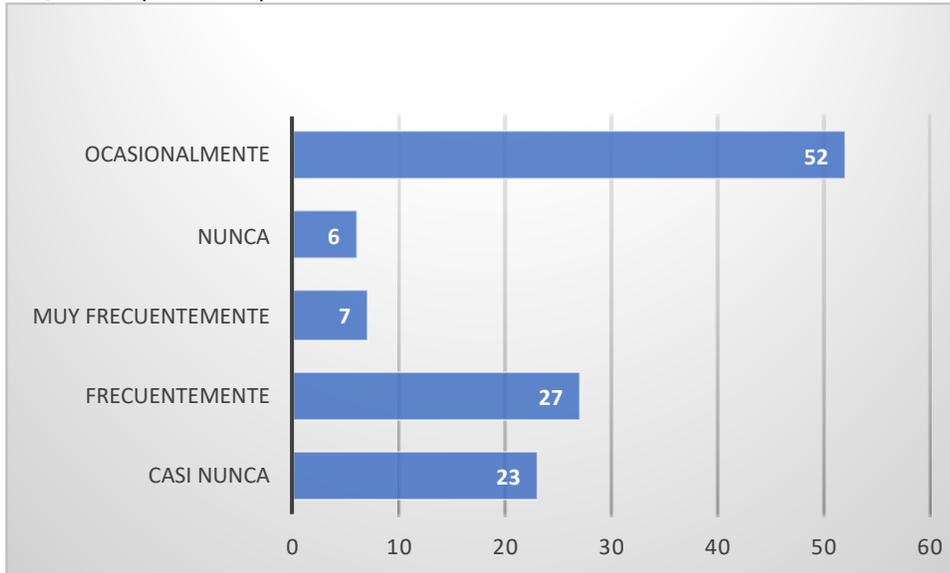


Figura 2. Empresas que realizan almacenamiento de agua

Referente a implementación de programa de ahorro de agua, se especifica que 11 empresas lo realizan muy frecuentemente, 23 frecuentemente, 45 ocasionalmente, 26 casi nunca y 10 empresa especificó no realizarlo.

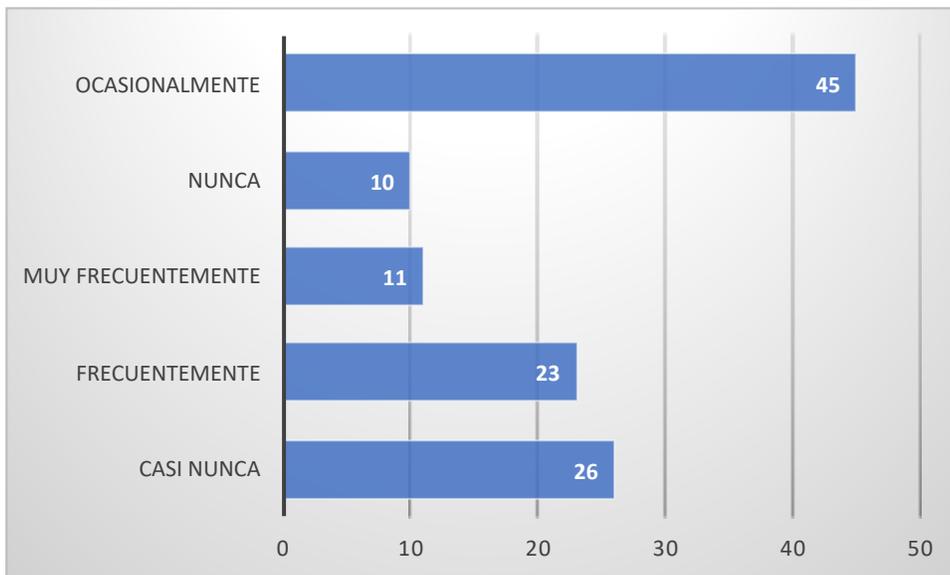
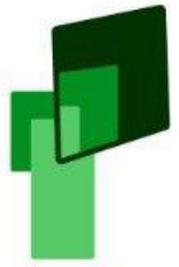
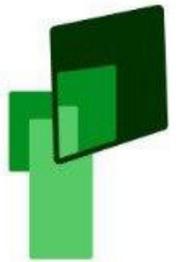


Figura 3. Programa de ahorro de agua



156

En respecto a la concientización al personal acerca de la importancia del manejo de la clasificación del agua, se especifica que 11 empresas lo realizan muy frecuentemente, 33 frecuentemente, 34 ocasionalmente, 29 casi nunca y 8 empresa especificó no realizarlo.



157

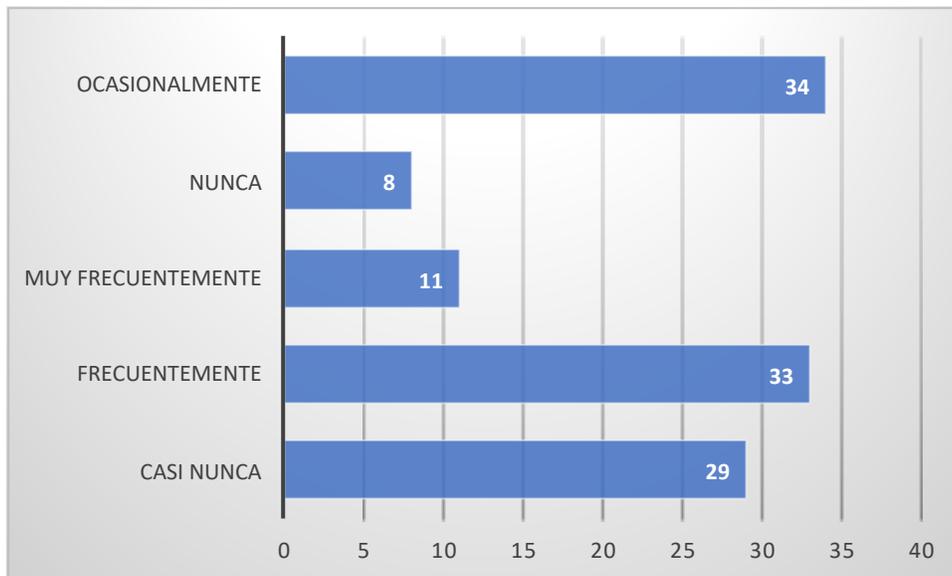


Figura 4. Concientización al personal acerca de la importancia del manejo de la clasificación del agua

En respecto el agua que utiliza para la empresa la reutiliza, se especifica que 9 empresas lo realizan muy frecuentemente, 29 frecuentemente, 46 ocasionalmente, 24 casi nunca y 7 empresa especificó no realizarlo.

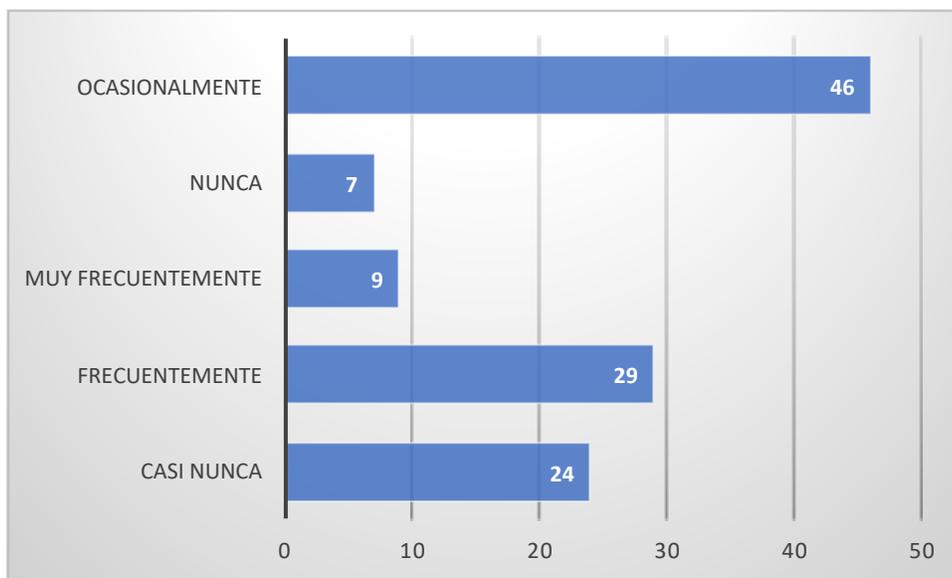


Figura 5. Reutilización del agua por parte de la empresa

En respecto al riego de las zonas ajardinadas agua reciclada, se especifica que 10 empresas lo realizan muy frecuentemente, 24 frecuentemente, 45 ocasionalmente, 29 casi nunca y 7 empresa especificó no realizarlo.

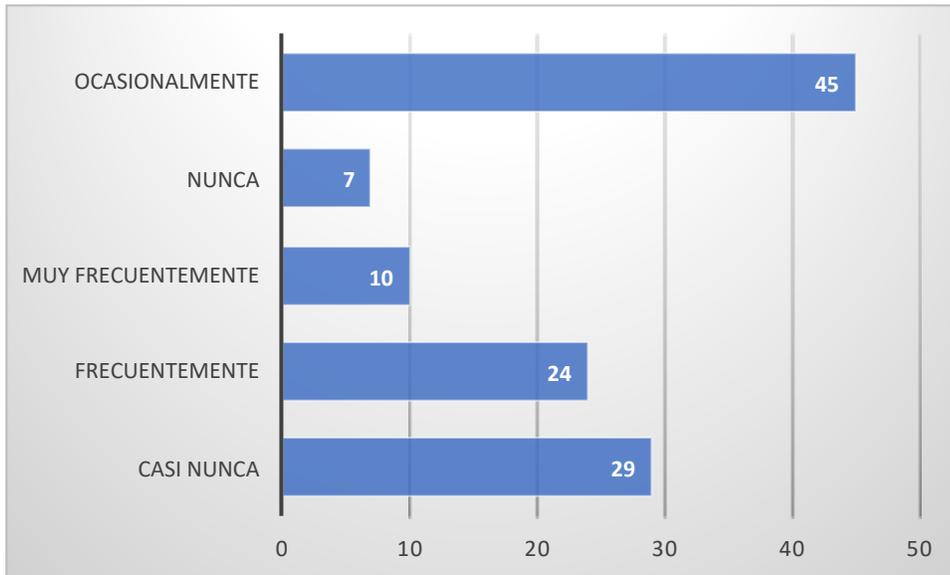


Figura 6. Reutilización del agua para riego de las zonas ajardinadas

DISCUSION

De acuerdo a los resultados establecidos, Se coincide con UICN en que el “.... manejo de agua: “proceso mediante el cual se promueve la gestión coordinada y planificada del agua, el suelo y los recursos relacionados a fin de optimizar los beneficios económicos y el bienestar social sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas. Por lo tanto, el aprovechamiento y la gestión del agua deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles” lamentablemente con los resultados de la presente investigación no contempla en gran medida el hábito del almacenamiento del agua y con ello el planificar su uso racional, mermando la oportunidad de tener el agua a disposición y uso racional; por ello, es necesario que la organizaciones contemple como estrategia el almacenamiento del vital líquido.

Así sí mismo, se concuerda con Bernal, 2011 en que “La gestión del agua debe ser una preocupación de todas las organizaciones, en cualquier actividad productiva. La responsabilidad ambiental de la empresa debe superar el deber

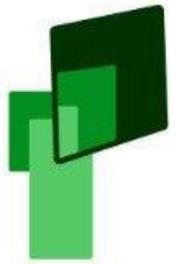
legal, implementando acciones de producción más limpia, control de calidad del agua y aprovechamiento adecuado del agua, en procura del desarrollo sostenible”, ya que no solo es responsabilidad de la sociedad en general sino también de las empresas el gestionar el uso adecuado del agua, a través de programas de almacenamiento, uso y ahorro del agua que contribuya al desarrollo sostenible dicho recurso.

Finalmente, se concurre con lo indicado por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales(2019) “que especifica que la meta de la educación ambiental es “formar una población mundial consciente y preocupada con el medio ambiente y con los problemas asociados, que tenga conocimiento, aptitud, actitud, motivación y compromiso para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones para los problemas existentes y para prevenir nuevos” ya que es fundamental generar una cultura ambiental no solo entre la población sino en las empresas, sobre el cuidado del medio ambiente y uso racional de los recursos naturales, tal como lo es el agua, el cual actualmente se está volviendo recursos escaso, por lo que es de gran importancia su cuidado; para ello, las empresas deben contribuir a la generación conocimiento, aptitud, actitud, motivación y compromiso sobre el uso y ahorro del mismo, a través de la implementación de programas de concientización, reciclaje y reutilización de tal elemento que es vital para sociedad.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de la presente investigación, se concluye de acuerdo al giro de las empresas es realmente equitativo (37 empresas comerciales, 36 de servicios y 42 pertenecen al giro industrial).

Así mismo, se logró el objetivo de investigación de “evaluar el uso del agua en empresas del Municipio de La Antigua, Veracruz.” al evaluar la frecuencia con la que las empresas del lugar realizan almacenamiento del agua para la optimización de uso, así como identificar la frecuencia de implementación de programas de ahorro del agua, la frecuencia de concientización del personal sobre el manejo y ahorro del agua, del reciclaje y reutilización del agua que utilizan las organizaciones de estudio, con lo cual pudimos identificar el uso que le dan el recurso y comentamos que respecto al almacenamiento no se tiene una cultura fuerte ya que 52 empresas que tomamos como mayor frecuencia, indicaron que ese realiza la actividad ocasionalmente.



En general las organizaciones no cuentan con un programa ahorro de agua ya que el 62% externó no realizarlo nunca o casi nunca. La concientización al personal acerca de la importancia del manejo de la clasificación del agua, es una de sus estrategias de mayor fortaleza de cuidado del recurso, ya que el 58% externó realizarlo ocasional y frecuentemente, actividad que hay que reforzar pero la tendencia es la mejora.

La reutilización del agua es otra estrategia a fortalecer, el 67% indicó que tener tendencia a casi nunca utilizarla a nunca, incluso la información coincide en que no se reutiliza ni en zonas ajardinadas



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, G., y Delgado, J. 2015. Diseño de Estudios Epidemiológicos.I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf> [Consultado 10 de julio de 2021]
- Bernal, A. Y. 2011. Gestión del agua – una preocupación de las empresas ambientalmente responsables. *Revista Universidad Y Empresa*, 12(19), 87-106. <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/1300> [Consultado 07 de julio de 2021]
- Hernandez, R., Fernández, C., y Baptista, M. D. 2010. Metodología de la investigación (Quinta ed.). Cd. de México: México.
- Monroy, H. O. 2013. Manejo sustentable del agua en México. *Revista digital universitaria*. 14(10).
- Rolland, L. y Vega, C. Y. 2010. La gestión del agua en México. *Polis*, 6(2), 155-188. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-23332010000200006&lng=es&tlng=es. [Consultado 15 de julio de 2021]
- UICN. 2021. Manejo integral del agua. Portal sobre conservación y equidad social. <https://www.portalces.org/biblioteca/manejo-integral-del-agua> [Consultado 09 de julio de 2021]

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2019. México, larga experiencia en educación y cultura ambiental. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-larga-experiencia-en-educacion-y-cultura-ambiental?idiom=es>. [Consultado 01 de julio de 2021]

Vilariño, A. 2018. La gestión responsable del agua en las empresas: riesgos y oportunidades, <https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2018/08/la-gestion-responsable-del-agua-en-las-empresas-riesgos-y-oportunidades/> [Consultado 05 de julio de 2021]



161

EL IMPACTO DE LA EDUCACIÓN EN LINEA EN EL NIVEL SUPERIOR

Rosalía Janeth Castro Lara

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx

Doreidy Melgarejo Galindo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx

Angeles de Jesús Salas Lara

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
angeles.sl@ugalvan.tecnm.mx

Fecha de recepción: 25/08/2022

Fecha de aprobación: 30/08/2022

162

Resumen

Hasta hace algunos años, imaginar que la educación sería totalmente en línea, es decir de manera no presencial, era poco creíble, prácticamente imposible. Hoy debido a los avances tecnológicos y principalmente a la Pandemia Covid-19, hemos experimentado un cambio radical en la educación en todos sus niveles. Sin embargo, aún existe la incertidumbre si la educación en línea ofrece los mismos recursos para desarrollar las competencias que requiere un estudiante de nivel superior.

La presente investigación busca describir la situación actual que se vive, por el cambio radical de la Educación, ahora que se torna en la modalidad en línea, tomando en cuenta las opiniones de los estudiantes de nivel superior, quienes estaban acostumbrados a otra dinámica de trabajo en lo que se refiere a la enseñanza – aprendizaje, empleando una investigación cuantitativa, descriptiva, mediante la técnica cuestionario, con los resultados obtenidos se pretende dar propuestas de mejora para que se sigan aprovechando todas las herramientas necesarias, y así cumplir con los objetivos, que enmarca la educación, los cuales nos llevan a desarrollar las competencias de los estudiantes para insertarse en el ámbito laboral, puesto que es la última estancia para continuar con este paso tan importante en su vida profesional.

Palabras clave: Educación, Tecnología, conocimiento.

Abstrac

Until a few years ago, imagining that education would be totally online, that is, in a non-face-to-face way, was hardly credible, practically impossible. Today due to technological advances and mainly the Covid-19 Pandemic, we have experienced a radical change in education at all levels. However, there is still uncertainty as to whether online education offers the same resources to develop the skills that a higher level student requires.

The present investigation seeks to describe the current situation that exists, due to the radical change in Education, now that it becomes online, taking into account the opinions of higher level students, who were accustomed to another work dynamic. in regard to teaching - learning, using a quantitative, descriptive research, through the questionnaire technique, with the results obtained it is intended to give proposals for improvement so that all the necessary tools continue to be used, and thus meet the objectives, that frames education, which lead us to develop the skills of students to enter the workplace, since it is the last stay to continue with this important step in their professional life.

Keywords: Education, Technology, knowledge.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la educación en línea ha tomado una importancia relevante, ahora en los tiempos de confinamiento, el objetivo principal es tener las estrategias necesarias para cubrir con las necesidades básicas que enmarca el proceso de enseñanza aprendizaje. A pesar de la resistencia de algunos docentes por el uso de nuevas tecnologías la pandemia del COVID 19, nos ha obligado adaptarnos, de manera inmediata para atender a los estudiantes en todas sus modalidades. El objetivo de esta investigación es analizar la situación actual derivado de las clases en línea y sugerir mejoras para eficientar el proceso enseñanza – aprendizaje.

Hasta hace algunos años, imaginar que la educación sería totalmente en línea, es decir de manera no presencial, era poco creíble, prácticamente imposible. Hoy debido a los avances tecnológicos y principalmente a la Pandemia Covid-19, hemos experimentado un cambio radical en la educación en todos sus niveles. Sin embargo, aún existen la duda si la educación en línea ofrece los mismos recursos para desarrollar las competencias que requiere un estudiante de nivel superior.

El aula (presencial o virtual) es una comunidad en la que alumnos con convergencias y divergencias conviven día a día y participan de un mismo evento educativo, que es interpretado desde cada realidad de una forma diferente. En un país en el que, aunque se ha alcanzado la universalidad educativa en el nivel primaria en educación presencial, menos de la mitad de la población tiene acceso a las tecnologías y la otra mitad está en situación de pobreza, es difícil imaginar que el recurso tecnológico sea una solución total. Apenas 44.3% de los hogares cuenta con computadora, 56.4% cuenta con conexión a Internet y 10.7% acceden a Internet fuera de su hogar (INEGI, 2020).

Como lo señalan Lizarazo y Andi6n (2013), las transformaciones tecnológicas no son sólo cuestiones técnicas; es decir, los dispositivos y sistemas técnicos rebasan el carácter puramente instrumental, ya que éstos surgen en un sistema de relaciones, costumbres y conocimientos, se articulan en redes complejas que van conformando entornos, mientras que las fuerzas y los proyectos históricos dominantes de la modernidad han apostado por la extensión, la generalización y la intensificación del modo de vida tecnológico. Sin embargo, si se quiere ver la tecnología como parte de una solución, como elemento

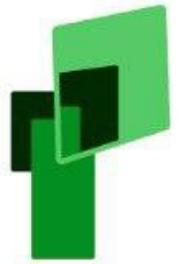
con la potencia de estimular y transformar el acto educativo, es necesario, por un parte, acortar la brecha digital y, por otra, tener un enfoque que resalte la experiencia del aprendizaje, así como la consolidación de la confianza de los docentes, dando importancia a la identificación de los problemas y sus soluciones (Buckingham, 2008)

La presente investigación busca describir si los conocimientos adquiridos en la educación en línea son los mismos que se adquieren y aún más importante se desarrollan. cuando las clases son de manera presencial, por el cambio radical de la Educación, ahora que se torna en la modalidad en línea, tomando en cuenta las opiniones de los estudiantes de nivel superior, quienes estaban acostumbrados a otra dinámica de trabajo en lo que se refiere a la enseñanza – aprendizaje, con los resultados obtenidos se pretende dar propuestas de mejora para que se sigan aprovechando todas las herramientas necesarias, y así cumplir con los objetivos, que enmarca la educación, los cuales nos llevan a desarrollar las competencias de los estudiantes para insertarse en el ámbito laboral, puesto que es la última estancia para continuar con este paso tan importante en su vida profesional.

La investigación está dirigida a los estudiantes de nivel superior, a través de un instrumento de medición, con la técnica del cuestionario se pretende, conocer lo más relevante en el desarrollo de esta modalidad en línea, que por la pandemia, se tuvieron que realizar ajustes y modificaciones para seguir cumpliendo con lo solicitado, por la secretaría de educación pública, y cumplir con los objetivos que enmarcan a las instituciones de nivel superior, continuando con el desarrollo de competencias de los estudiantes, antes de insertarse en el ámbito laboral.

METODOLOGÍA

La investigación deriva del proyecto institucional “Evaluación de la educación en línea, en el nivel superior” En la presente investigación se tiene como objetivo general : “Conocer la eficiencia de la educación en línea en la adquisición de conocimientos”., así mismo como objetivos particulares, identificar la plataforma digital para la educación en línea en el nivel superior, mencionar el recurso virtual para la educación en línea en el nivel superior. Para lo cual se plantea la pregunta de Investigación, ¿La educación en línea proporciona las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos en el



nivel superior?, la cual ayudará a responder los planteamientos realizados en la presente investigación, estableciendo la hipótesis: “La educación en línea proporciona las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos en el nivel superior”.

La presente investigación es de tipo descriptiva, ya que busca, conocer la eficiencia de la educación en línea en la adquisición de conocimientos, en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván,

Es transversal porque se toma una sola muestra. Alvares & delgado (2015) afirma que el estudio transversal también es conocido como encuesta de frecuencia o estudio de prevalencia. Por ello se define el uso de este estudio al realizarse en un tiempo determinado y en una población específico.

Para la investigación se utilizará la técnica de encuesta, para la que se diseñará un instrumento de medición que será el cuestionario integrado por 13 preguntas de tipo escala de Likert, el cual se dirigirá a estudiantes adscritos al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván en la modalidad escolarizada, lo cual permitirá conocer cómo se desarrolla la educación en línea a comparación de la escolarizada que han venido practicando año tras año. Una vez revisado y validado el instrumento se aplicó en el periodo de agosto 2021 – febrero 2022 mediante formularios Google que permitieron alcanzar la muestra establecida, teniendo una población de 800 estudiantes, determinando un tamaño de muestra 526 estudiantes., con un nivel de confianza del 95% y margen de error de 2.50%,

RESULTADOS

Con la presente investigación se busca como objetivo general “Conocer la eficiencia de la educación en línea en la adquisición de conocimientos”, en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván”, a través de los objetivos específicos que servirán de apoyo para cumplir con lo establecido, se identificará el principal recurso y plataforma virtual, utilizado, en el nivel superior para continuar con la educación en línea y así cumplir con lo establecido en los programas académicos para desarrollar las competencias de los estudiantes, así mismo se conocerá la eficiencia de la educación en línea, la cual se tuvo que implementar, por la contingencia sanitaria Sars-Cov 2, comúnmente conocida como COVID-19 o coronavirus que atacó mundialmente a la población, y obligo a todos los actores inmersos en la educación a desarrollar estrategias



de manera inmediata para cumplir con lo establecido en los programas de estudio, y de esta manera no suspender, la educación en el país. Con los resultados de la investigación se pretende dar recomendaciones para mejorar la atención a los estudiantes del nivel superior, y generar estrategias para desarrollar sus actividades de una manera más práctica y sencilla.

A continuación, como parte de los resultados obtenidos con la presente investigación se describe lo siguiente:

Se puede observar que los estudiantes encuestados en el nivel superior de la modalidad escolarizada, el 58.4% pertenecen al género Masculino y el 41.6% pertenece al género Femenino.

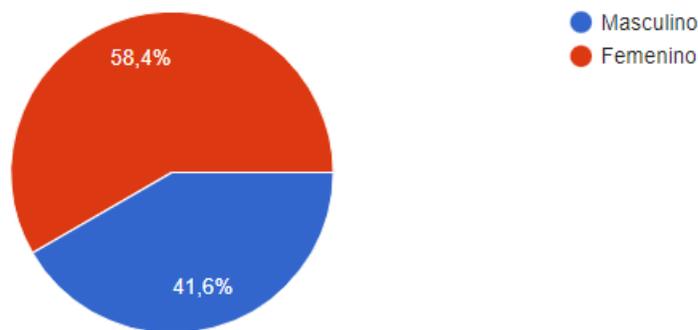


Figura 1. Género de los encuestados

Se observa que el 31.5% de la población encuestada pertenece a la carrera Ingeniería en Agronomía, el 27.5% pertenece a la carrera Licenciatura en Administración, el 20.3% corresponde a la carrera Ingeniería en Gestión Empresarial, continuando con el 10.4% para las carreras Licenciatura en Biología y la Ingeniería en Industrias Alimentarias.

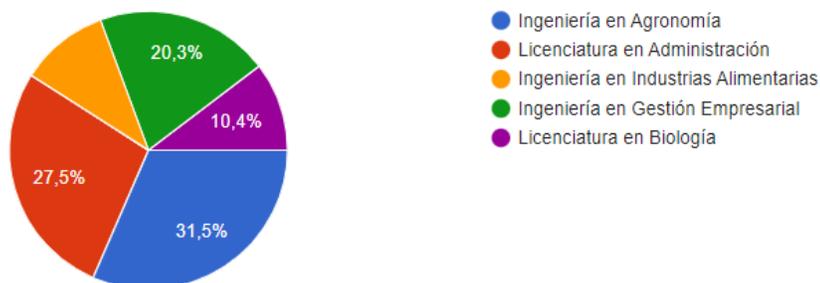


Figura 2. Carrera perteneciente de los encuestados



Respondiendo a los objetivos particulares se encuentra el recurso que ha sido utilizado para llevar a cabo la educación en línea en el nivel superior, mostrando en la Figura 3, cual es el más utilizado por el docente para realizar y desarrollar las actividades que enmarca el programa académico correspondiente. Con un 91.2% las videoconferencias fueron el recurso mayormente utilizado por los docentes para llevar a cabo sus clases, las cuales fueron de gran apoyo para poder suplir las clases presenciales que se venían manejando, antes de la pandemia.

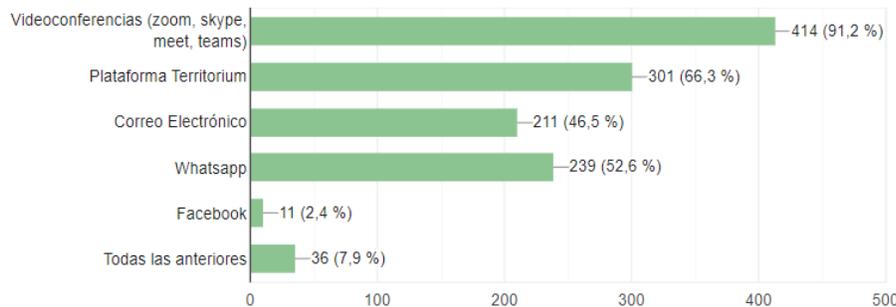


Figura 3. Recurso digital utilizado por los encuestados

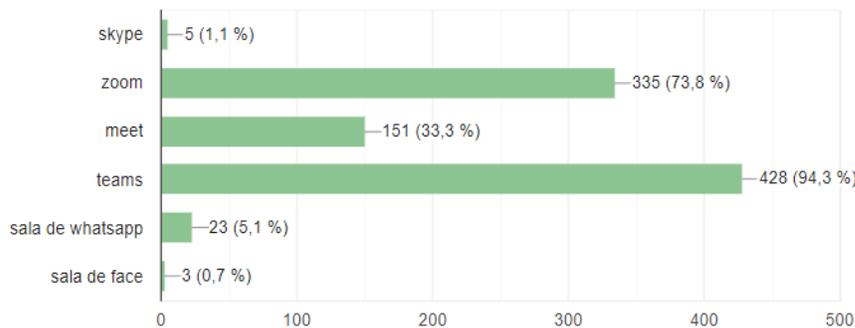


Figura 4. Plataforma digital utilizada por los encuestados

Otro de los objetivos particulares se observan los resultados en la Figura 4. Donde se observa la plataforma que ha sido mayormente utilizada por los docentes para complementar las clases virtuales y cubrir con los requerimientos que se han solicitado para el semestre, con un porcentaje del 94.3% se tiene la plataforma Teams, la cual es una herramienta gratuita que permitió a los docentes llevar a cabo las asesorías, como si estuvieran de manera presencial, donde el estudiante y el docente se conectaban en su horario de clases y



realizaban las dinámicas como si estuvieran en el mismo espacio, solo que ahora de manera virtual. Cabe resaltar que el Tecnológico Nacional de México, implemento la plataforma Teams como alternativa para continuar con las asesorías vía remota, y se otorgaron capacitaciones en cada uno de los planteles en modalidad virtual para el manejo de esta.

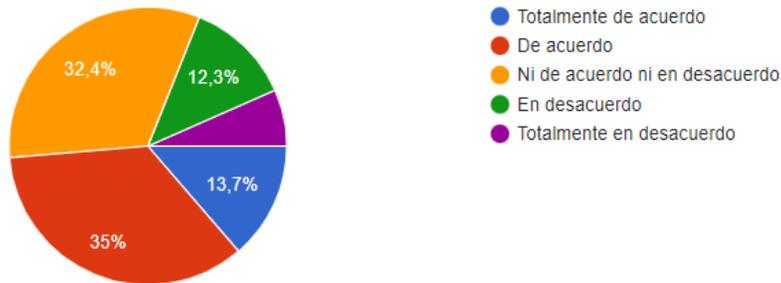


Figura 5. Eficiencia en los conocimientos adquiridos

Para concluir con el objetivo principal de esta investigación se puede observar en la figura 5. Que a los encuestados se les planteo si ¿La educación en línea te proporciona las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos de tus materias? A lo que respondieron con un 67.4% entre el rango “totalmente de acuerdo” y “de acuerdo” obteniendo un resultado favorable respecto a esta prerrogativa que se tenía, referente a los conocimientos que se adquieren en la educación en línea. Comprobando con ello que la educación en línea es una opción para continuar con tus estudios, pues proporciona las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos de las asignaturas.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados establecidos se concuerda con Lizarazo y Andi6n (2013), que las transformaciones tecnol6gicas no son s6lo cuestiones t6cnicas; 6stos surgen en un sistema de relaciones, costumbres y conocimientos, se articulan en redes complejas que van conformando entornos, esto permite que el aprendizaje significativo en el estudiante a trav6s del proceso ense1anza-aprendizaje, sea eficiente, tal como lo demostr6 con los resultados de esta investigaci6n.

Finalmente retomando lo indicado por INEGI (2020), donde menciona que apenas 44.3% de los hogares cuenta con computadora, 56.4% cuenta con conexión a Internet y 10.7% acceden a Internet fuera de su hogar, se puede concluir que a pesar de las estadísticas referentes a el acceso a cuestiones tecnológicas muchos de los estudiantes de nivel medio superior, lograron obtener los conocimientos y competencias requeridas para desarrollar su potencial en las asignaturas correspondientes, en el lapso que la educación se tornó totalmente en línea, permitiendo así un cambio en la manera de enseñar pero no de transmitir y desarrollar el conocimiento en ellos.

CONCLUSIONES

Ante la opción de dar por perdido el curso, muchos docentes y alumnos hemos hecho un sobre esfuerzo para adaptarnos a las diferentes plataformas educativas, con la finalidad de contactar con nuestros alumnos, hacernos presentes en la virtualidad, e impartir la docencia asignada de la mejor manera posible.

Se puede concluir que derivado a la investigación, se cumplen con los objetivos general y particulares, así mismo se aprueba la hipótesis que “La educación en línea proporciona las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos en el nivel superior”. Con esto se puede mencionar que la educación en línea es una herramienta que nos puede ayudar a continuar con nuestros estudios, de no ser posible continuar con la modalidad escolarizada.

Lo importante en esta investigación es que se comprueba que a pesar, de realizar el cambio de manera abrupta a totalmente en línea, se cumple con los propósitos del proceso de enseñanza aprendizaje, el cual es indispensable cumplir para que los estudiantes, desarrollen las competencias necesarias para su inserción en el ámbito laboral.

El proceso ha sido muy complejo porque la formación previa era escasa y la manera de interactuar alumno-profesor no es la misma que en presencial. Las clases online requieren de adaptaciones, apoyos, y formas de utilizar el entorno virtual de manera clara y concisa. El tiempo de preparación de las clases y ejercicios en virtual se ha duplicado, e incluso triplicado.

Pero es realmente satisfactorio reconocer que el arduo esfuerzo de docentes y estudiantes ha concluido con la eficiencia de la educación en línea, para continuar sin contratiempos en el proceso Enseñanza – Aprendizaje.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, G., y Delgado, J. 2015. Diseño de Estudios Epidemiológicos.I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf> [Consultado 10 de julio de 2021]
- Buckingham, D. (2008). Más allá de la tecnología: Aprendizaje infantil en la era de la cultura digital. Argentina: Ediciones Manantial.
- Irigoyen, J., Jiménez, M., & Acuña, K. (2011). Competencias y educación superior. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 16, 243–266.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). Tecnologías de la información y comunicaciones TIC's en hogares. México: INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/ticshogares/>
- Lizarazo, D., y Andión, M. (2013). Símbolos digitales: representaciones de las TIC en la comunidad escolar, México: Universidad Autónoma Metropolitana
- Mendoza Castillo Lucía, UNAM, México, "Lo que la pandemia nos enseñó sobre la educación a distancia" *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México)*, vol. L, núm. Esp.-, pp. 343-352, 2020, DOI: <https://doi.org/10.48102/rlee.2020.50.ESPECIAL.119>

PRODUCTIVIDAD DEL PERSONAL EN LAS EMPRESAS DE CIUDAD CARDEL, VERACRUZ

Doreidy Melgarejo Galindo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx

Loida Melgarejo Galindo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
loida.mg@ugalvan.tecnm.mx

Ernesto Hernández García

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
18883506@ugalvan.tecnm.mx

Fecha de recepción: 25/08/2022

Fecha de aprobación: 30/08/2022

171

Resumen

La productividad del personal es vital para el adecuado funcionamiento de las organizaciones y puede propiciar el crecimiento de las empresas, a su vez reflejarse en una mayor remuneración de los trabajadores que mejore su calidad de vida. Debido a la importancia de tal aspecto y al ser el capital humano, el recurso más valioso de la empresa, lo que deriva la conveniencia del estudio, cuya finalidad es evaluar la productividad del personal de las empresas de ciudad Cardel, Veracruz, en donde ha presentado dificultad para lograr el posicionamiento y crecimiento. La investigación es de tipo descriptiva, ya que busca describir el fenómeno de estudio; es transversal porque se desarrolló en un periodo de tiempo determinado y en una población específica y se diseñó como instrumento de medición un cuestionario del que se obtuvo información que permitió dar respuesta a la pregunta de investigación, evaluar la hipótesis y logro del objetivo.

Palabras clave: Colaborador, crecimiento, organización.

Abstrac

The productivity of personnel is vital for the proper functioning of organizations and can promote the growth of companies, which in turn is reflected in a higher remuneration of workers that improves their quality of life. Due to the importance of such aspect and being the human capital, the most valuable resource of the company, which derives the convenience of the study, whose purpose is to evaluate the productivity of the personnel of the companies of Cardel city, Veracruz, where presented difficulty in achieving positioning and growth. The research is descriptive, since it seeks to describe the phenomenon of study; it is cross-sectional because it was developed in a certain period of time and in a specific population and a questionnaire was designed as a measurement instrument from which information was obtained that allowed answering the research question, evaluating the hypothesis and achieving the objective.

Keywords: Collaborator, growth, organization.

INTRODUCCIÓN

La productividad de personal indica la capacidad productiva de los trabajadores, la cual es de relevancia para las empresas, ya que de ella depende en gran medida el adecuado funcionamiento de la organización y su crecimiento. Por ello, en las empresas es necesario fomentar el incremento de la productividad de sus colaboradores a través del diseño de estrategias que propicien de mejora, pero para ello, es necesario partir de la evaluación de la misma.

El incremento de la productividad de los trabajadores puede contribuir al crecimiento económico de las empresas, por ende, favorecer a la captación de mayor inversión que a su vez permita la mejora de los salarios de los empleados y la generación de nuevas fuentes de empleo, que favorezcan a una mejor calidad de vida de la sociedad.

Por ello, la productividad es un aspecto fundamental para el adecuado funcionamiento en las empresas, por ello, ha sido un tema de interés y estudio, al respecto (Hernández & Rodríguez, 2011), sugiere que “la productividad es el reflejo de la eficiencia y de la eficacia que deben lograr la correcta administración y la gerencia de una empresa”.

Así mismo, López (2013), en su obra, “destaca que la productividad se realiza gracias a las personas que laboran dentro de la organización, de sus conocimientos y recursos de cualquier tipo, para crear en grandes volúmenes lo que la gente necesita. La producción es afectada por la productividad de los trabajadores, si un trabajador tiene una buena productividad en sus actividades diarias, se verá reflejada en la producción de la organización”.

Así mismo, al respecto Fuentes (2012) señala que los resultados de la falta de satisfacción pueden afectar la productividad de la organización y producir un deterioro en la calidad del entorno laboral. Puede disminuir el desempeño, incrementar el nivel de quejas, el ausentismo o el cambio de empleo. La satisfacción laboral está relacionada al clima organizacional de la empresa y al desempeño laboral. Los empleados satisfechos se inclinan más a hablar positivamente de la organización, ayudar a los demás y superar las expectativas normales de su puesto, se esfuerzan más allá de su deber, y quieren pagar sus experiencias positivas. (Cueva Garayar, Oliden Vera, & Vargas Bellota, 2017)



La empresa obtendrá una mayor rentabilidad si la productividad de sus trabajadores es elevada. Por eso, la productividad se puede aplicar a distintos ámbitos, ya sea una empresa industrial o de servicios, un comercio particular o incluso toda una economía. (DELSOL, 2021)

Finalmente, debido a la importancia de la productividad de los trabajadores para el adecuado funcionamiento, optimización y crecimientos de las empresas, como en el caso específico, de las ubicadas en ciudad Cardel, Veracruz, en las que se ha presentado un estancamiento, propicia la conveniencia de la presente investigación, con la finalidad de "Evaluar la productividad del personal de las empresas dicho lugar", ya que se plantea como supuesto que "La productividad del personal de las empresas de ciudad Cardel, Veracruz es mala", y que derivado de la evaluación, de ser necesario, diseñar e implementar estrategias tendientes de la mejora indicador.

METODOLOGÍA

La investigación al derivarse del proyecto Factores de productividad del personal en MIPYMES de la zona centro del Estado de Veracruz, posee un método cuantitativo debido a que se estudiará fenómenos susceptibles de cuantificación y utilizará pruebas estadísticas para el análisis de los datos.

En el presente estudio se inició con una investigación documental, el cual consiste en un análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio (Bernal, 2010)

Así mismo, la investigación se considerará descriptiva, ya que se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010), como en este caso, el de identificar y describir los factores de productividad del personal de las MIPYMES, del lugar de estudio. También se considera descriptiva, ya que este tipo de investigación, se soportará principalmente en técnicas como la encuesta, ... y la revisión documental (Bernal, 2010), y el estudio de campo de la presente investigación se desarrollará en Ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz, en el que se utilizará técnica la encuesta



y se diseñará como instrumento de medición un cuestionario integrado por preguntas abiertas, dicotómicas, de opción múltiple y de escala de calificación, que se aplicara a una muestra de MIPYME del lugar de estudio durante en un tiempo específico, por lo cual, se considera un estudio transversal "...en un tiempo determinado y en una población específica." (Álvarez Hernández & Delgado De la Mora, 2015).

En el estudio de campo se utilizó la técnica encuesta para la que se diseñó como instrumento de medición un cuestionario dirigido a personal de las empresas del lugar de estudio; el cuestionario se aplicó de manera digital utilizando la aplicación de Formularios de Google y enviándose a través de correo electrónico y whatsapp, a una muestra de 96 empresas de ciudad Cardel (tamaño de muestra determinada por la disponibilidad y accesibilidad de personal de las empresas); la encuesta se realizó durante el periodo de mayo de 2021 a junio de 2022 horario de 8:00 a 18:00 horas, por ser horario con mayor disponibilidad para que el encuestado pudiera responder el cuestionario con tranquilidad y mayor sinceridad; con tal aplicación, el instrumento fue validado, debido a que no surgieron dudas sobre las preguntas que lo integran ni observaciones de mejora y que el personal encuestado entendió y respondió correctamente dicho cuestionario.

Finalmente, durante el mes de agosto del año 2022, se realizó la recolección, clasificación, captura, representación gráfica y análisis datos, a través de la hoja de cálculo (Excel), lo cual permitió obtener información tendiente al logro de los objetivos de investigación, evaluación de la hipótesis, la generación de conclusiones y recomendaciones.

RESULTADOS

De acuerdo el estudio realizado, en una muestra de 96 empresas de la ciudad Cardel, la encuesta revela los siguientes resultados que permitirán la evaluación de la productividad del personal de las organizaciones del lugar:

En cuanto al sector al que pertenecen las empresas de la ciudad, el 49% forma parte del sector de servicios, seguido del 48% que forman parte de sector comercial y únicamente el 3% de las organizaciones son del tipo industrial, tal como se muestra en la figura 1.



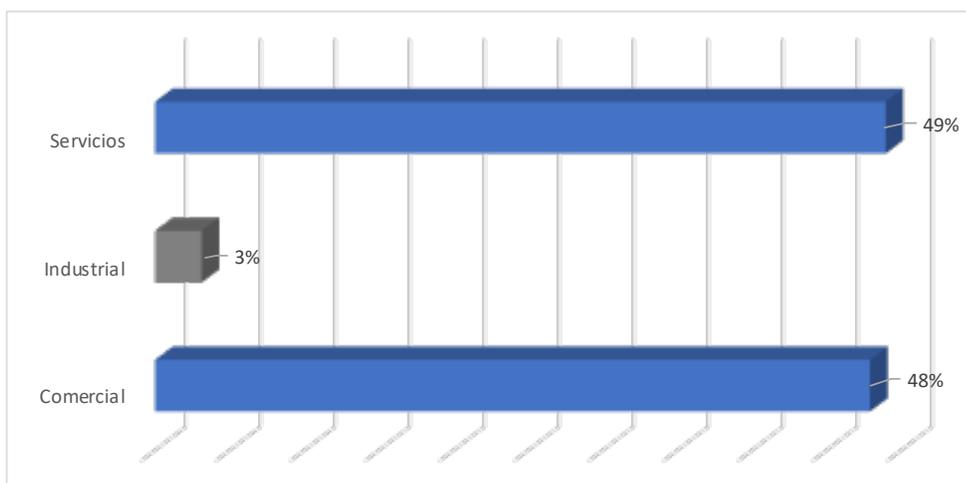


Figura 1. Sector al que pertenecen las empresas de Ciudad Cardel, Ver.

En relación al número de empleados, el 40% de las empresas manifestaron contar de 1 a 10 empleados, seguido de 22% organizaciones que tienen de 11 a 30 empleados al igual que las que cuentan de 101 a 250 empleados, el 10% indicaron tener de 31 a 50 empleados y únicamente 6% disponen de 51 a 100 empleados, como en la figura 2 se representa.

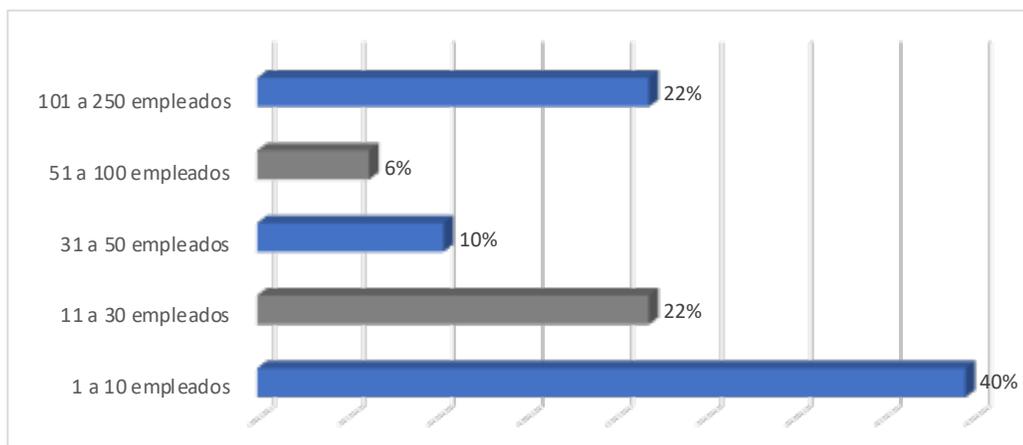


Figura 2. Número de empleados

Referente a la ocupación de áreas por parte del personal, el 39% de los trabajadores ocupan puestos del área de ventas, seguido del 29% que ocupan áreas diversas, el 14% de los empleados se encuentran departamentos de tipo administrativo, 5% de los empleados se desempeñan funciones de técnico, 4% se encuentran en producción y solo 2% de los trabajadores se encuentra en el departamento de compras o recurso humanos (figura 3).

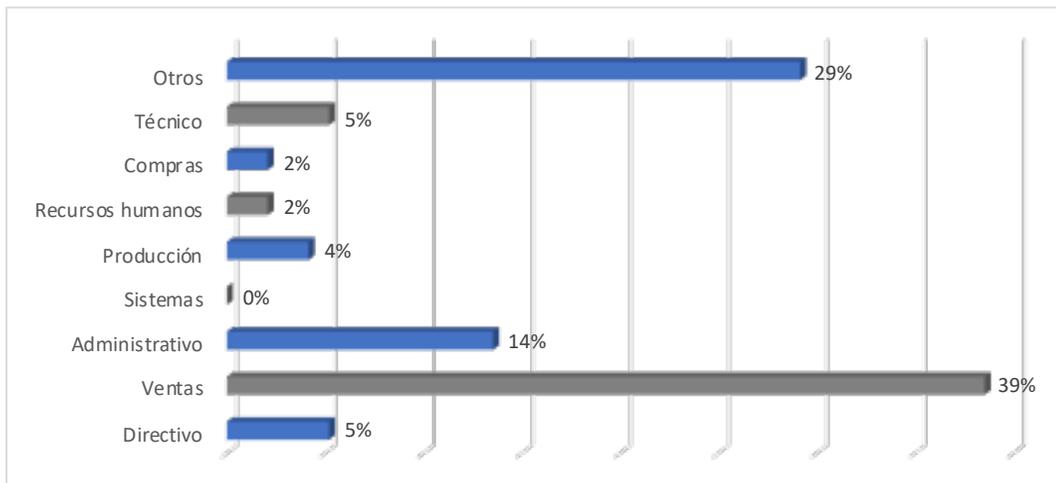


Figura 3. Área de los puestos de cada uno de los empleados

En cuanto a la edad los empleados, el 45% de los trabajadores tienen una edad que oscila de los 25 a 39 años, seguido el 43% de manifestaron tener de 18 a 24 años, por su parte, 10% de los empleados cuentan con una edad que va 40 a 49 años, y únicamente el 2% indicaron tener de 50 a 64 años de edad, tal como se muestra en la figura 4.

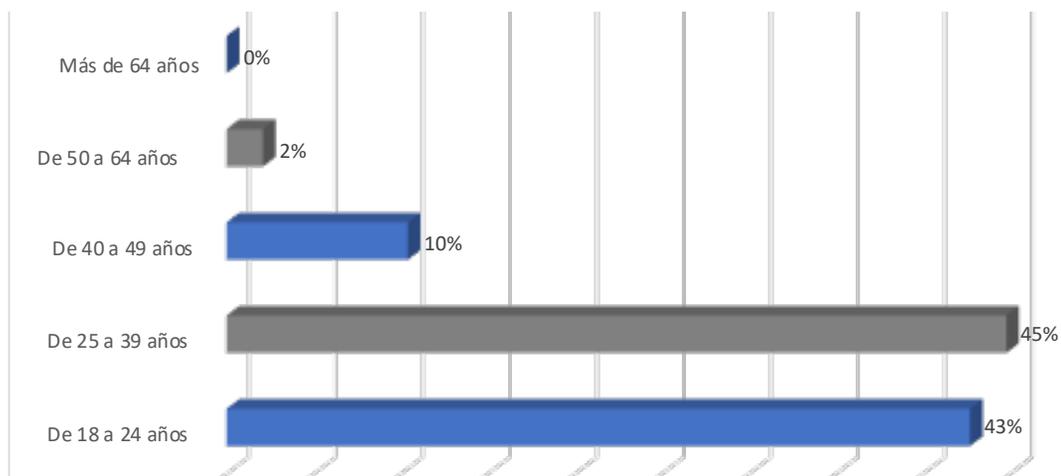


Figura 4. Edad de los empleados

Respecto a la antigüedad que los empleados en la empresa, el 23% indicó tener de 6 meses a 1 año en la organización, seguido del 22% que expresaron llevar menos de 6 meses en la entidad, al igual que los que manifestaron contar con más de 5 años de laborando, 20% de los colaboradores tienen de 2 a 3 años en la empresa y el 13% revelaron contar con una antigüedad de 4 a 5 años tal como la figura 5 lo representa.

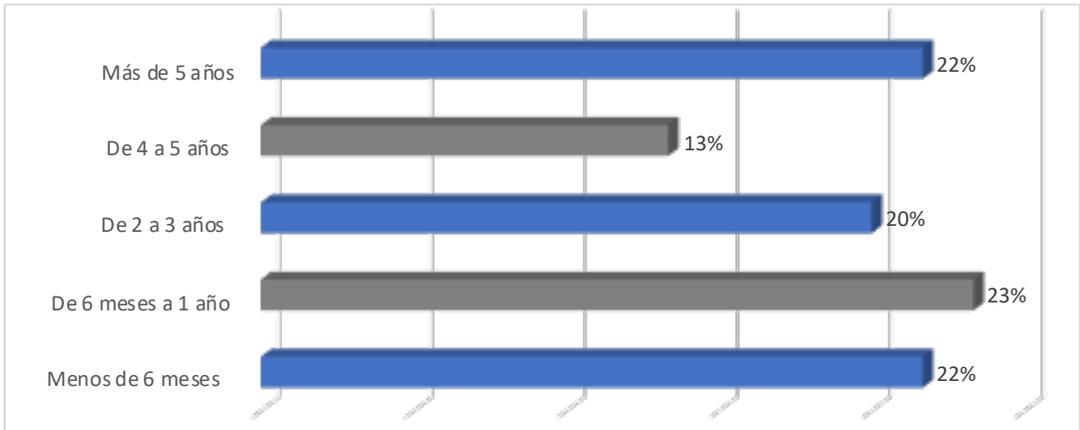


Figura 5. Antigüedad de los empleados en el puesto

Finalmente, en cuanto a la evaluación del nivel de productividad del personal de las empresas del lugar de estudio, el 44% de los encuestados la evaluaron como muy buena, seguido con el 29% que la calificaron como bueno, por su parte, el 26% lo valoraron como excelente y únicamente el 1% consideran que es mala (figura 6).

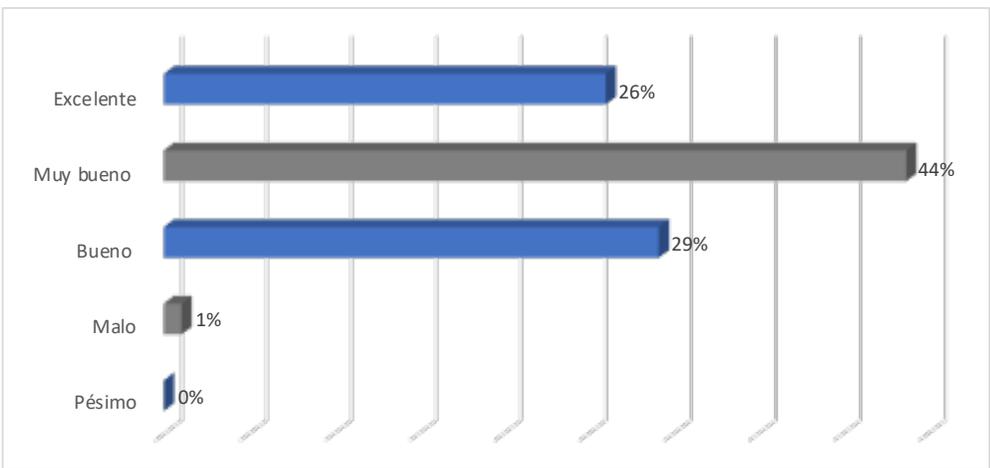


Figura 6. Evaluación de la productividad del personal

Con los resultados antes mencionados, se logró el objetivo del presente estudio y la evaluación de la hipótesis de investigación planteada.

DISCUSION

Derivado de los resultados obtenidos, se coincide con (Hernández & Rodríguez, 2011), sugiere que “la productividad es el reflejo de la eficiencia y de la eficacia que deben lograr la correcta administración y la gerencia de una empresa”., debido a la buena organización y colaboración de la estructura de la empresa se logra obtener una buena productividad y el cumplimiento de los objetivos. Así mismo, se concuerda con López (2013), ya que “destaca que la productividad se realiza gracias a las personas que laboran dentro de la organización, de sus conocimientos y recursos de cualquier tipo, para crear en grandes volúmenes lo que la gente necesita. La producción es afectada por la productividad de los trabajadores, si un trabajador tiene una buena productividad en sus actividades diarias, se verá reflejada en la producción de la organización”., ya que derivado de la investigación, se demuestra que es fundamental la productividad del personal para lograr el adecuado funcionamiento de la empresa, logra óptimos niveles de producción y propiciar el crecimiento de la organización.

CONCLUSIONES

Derivado de los resultados obtenidos se concluye que la mayoría de las empresas de ciudad Cardel pertenecen al sector servicios y al sector comercial, por ello, la mayoría de los empleados ocupan puestos relacionados a la ventas y adultos jóvenes, ya que la gran parte de ellos tiene una edad que oscila de 18 a 39 años, y lo cual se refleja en que tengan por lo general una antigüedad en la empresa hasta de un año como máximo.

Así mismo, considerando la cantidad de empleados de las empresas de la ciudad, en las que la mayoría de las organizaciones cuentan de 1 a 10 trabajadores, seguido de las que disponen de 11 a 30 empleados y las que tienen de 101 a 250 colaboradores, se concluye que la mayoría de las empresas son micro y pequeñas empresas, aunque también tiene gran presencia las grandes organizaciones.

Finalmente, con los datos obtenidos se logró el objetivo de la investigación de “Evaluar la productividad del personal de las empresas de ciudad Cardel, Veracruz”, tal como se muestra en la figura 6, en la que se puede observar que en la evaluación del nivel de productividad del personal de las empresas



de la ciudad, la mayoría (el 73% de los encuestados) la evalúan de Muy buena a Buena, y con ello, a su vez se rechaza la hipótesis “La productividad del personal de las empresas de ciudad Cardel, Veracruz es mala”, ya que con la evaluación revela que la productividad de los colaboradores es Muy buena a Buena; Sin embargo, se recomienda el diseño e implementación de estrategias que contribuyan a mantener dichos niveles de productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, G., y Delgado, J. 2015. Diseño de Estudios Epidemiológicos.I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografía de la Salud y la Enfermedad. <https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf> [Consultado 10 de julio de 2021]
- Bernal, C. D. (2010). Metodología de la investigación (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Pearson. Recuperado el 27 de Marzo de 2020
- Cueva Garayar, E., Oliden Vera, R. E., & Vargas Bellota. (2017). Análisis de los factores que impactan en. Lima: Universidad peruana de ciencias aplicadas.
- DELSOL, S. (19 de septiembre de 2021). Software DELSOL. Obtenido de <https://www.sdelosol.com/glosario/productividad/>
- Hernandez, R., Fernández, C., y Baptista, M. D. 2010. Metodología de la investigación (Quinta ed.). Cd. de México: México.

CONTROL Y ANALISIS DEL PROCESO DE CORTE POR CHORRO DE AGUA

Eli Gamaliel Cruz Almazán

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
2016150480169@tesjo.edu.mx

Israel Becerril Rosales

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
israel.becerril@tesjo.edu.mx

180

Fecha de recepción: 24/06/2022

Fecha de aprobación: 30/07/2022

Resumen

La planta en la que se trabajó es un área dedicada a la maquila de corte por chorro de agua, actualmente la demanda de cortes ha incrementado un 5%, sin embargo, no cuentan con un método, un orden y control en las operaciones realizadas para el corte de piezas, lo que provoca fallos de acabado, tipo de material y espesor; generando productos defectuosos, desperdicio de material y tiempo en los cortes realizados, el tiempo de proceso actual es de 49.25 minutos por material, en una jornada laboral no se alcanza a cubrir el número de cortes requerido, teniendo que utilizar horas extra, lo que implica gastos innecesarios a la empresa, no existe un control de calidad sobre las piezas cortadas, solo se basan en la apariencia para aceptar o rechazar un corte, además de la falta de control de inventario, el cual está desorganizado sin un lugar específico y se encuentran mezclados los diferentes tipos de materiales.

Se realizó la estandarización del proceso de corte por chorro de agua, el almacén mejoró su funcionamiento con el apoyo de la metodología ABC que sirvió de base para una redistribución de los materiales, logrando una reducción en el tiempo de proceso a 25.917 minutos, así como la distancia recorrida.

Palabras clave: Corte por chorro de agua, Control de inventario, Estandarización de procesos.

Abstrac

The plant in which they worked is an area dedicated to the maquila of water jet cutting, currently the demand for cuts has increased by 5%, however, they do not have a method, an order and control in the operations carried out to the cutting of parts, which causes failures in the finish, type of material and thickness; generating defective products, waste of material and time in the cuts made, the current process time is 49.25 minutes per material, in a working day it is not possible to cover the number of cuts required, having to use overtime, which implies unnecessary expenses to the company, there is no quality control over the cut pieces, they are only based on appearance to accept or reject a cut, in addition to the lack of inventory control, which is disorganized without a specific place and they are mixed different types of materials.

The standardization of the water jet cutting process was carried out, the warehouse improved its operation with the support of the ABC methodology that served as the basis for a redistribution of materials, achieving a reduction in process time to 25,917 minutes, as well as the distance traveled.

Keywords: Water jet cutting, Inventory control, Process standardization.

INTRODUCCIÓN

La empresa se dedica a la limpieza y remanufactura de catalizadores, sin embargo, cuenta con distintas áreas dedicadas a diversas actividades, por ejemplo, la maquila de corte por chorro de agua, misma que lleva en operación desde 2014, sin embargo, el proceso que se lleva a cabo para el corte de piezas no tiene ningún orden o flujo específico y las actividades que debe realizar cada área no están asignadas por lo que siempre hay confusiones con las piezas para hacer las cotizaciones. En la actualidad la demanda ha incrementado un 5% y los cortes requeridos en un día no son terminados a tiempo y se cortan al día siguiente o se usan horas extra para cortar algunas piezas, por lo que un control, estandarización y optimización se hacen imprescindibles para poder satisfacer la demanda de los clientes.

La estandarización de un proceso es esencial en toda empresa, es de mucha ayuda para tener un buen flujo y control de todo el proceso que implica el corte por chorro de agua, el objetivo de este es disminuir el tiempo de proceso de corte por chorro de agua en un 25%, esperando alcanzar nuestro objetivo.

Corte por chorro de agua

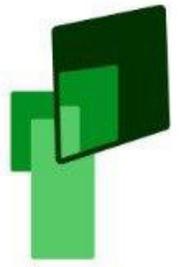
Es un proceso mecánico de corte en frío mediante un chorro de agua a alta presión para erosionar con una línea fina al material hasta lograr la separación. Es una tecnología versátil que permite un mejor acabado en el mecanizado de piezas (imagen 1). (Maquicorte, 2020)



Imagen 1. Centro de maquila por chorro de agua

Fuente: (Maquicorte, 2020)





Parámetros de corte por chorro de agua

- Distancia de la boquilla a la pieza: A medida que aumenta la distancia entre la boquilla y la pieza, aumenta la velocidad de las partículas, aumentando la velocidad de corte hasta alcanzar el punto óptimo
- Flujo de abrasivo: A medida que aumenta la cantidad de abrasivo en el chorro, aumenta la cantidad de material eliminado, ya que el incremento del flujo significa que más partículas están disponibles para el corte, se puede ver en la Tabla 1. (BIRTH LH, 2021)

Abrasivos	Aplicaciones
Oxido de aluminio	Limpieza, corte, desbaste.
Carburo de silicio	Limpieza, corte y desbaste en materiales duros.
Microcuentas de vidrio	Pulido, limpieza.
Pedazos de vidrio	Conformado superficial, limpieza.
Bicarbonato sódico	Limpieza, corte de materiales blandos

Tabla 1. Abrasivos y sus aplicaciones

Fuente: (BIRTH LH, 2021)

Estandarización

La estandarización, también conocida como normalización, es la adaptación de un determinado proceso, también de muchos, a una serie de normas o reglas de referencia; consideradas como estándar. (Economipedia, 2020)

Estándar de trabajo

Este término se refiere a la descripción paso a paso de la mejor manera de hacer una actividad conocida hasta el momento, describiéndola de manera precisa, incluyendo:

1. Los mejores modos operatorios, las buenas prácticas.
2. La secuencia de operaciones efectuadas por quién realiza una tarea, con desplazamientos incluidos.
3. Puntos clave dentro de las actividades referidas a calidad. (Atlas Consultora, 2021)

Estandarización de procesos

Proceso es cualquier actividad o grupo de actividades que emplea un insumo, le agrega valor y obtiene un producto para suministrarlo al cliente externo o interno (Estandarización de procesos de empresas textiles técnicos, 2013)

Hacer un mapeo de proceso

El mapeo de procesos es una herramienta utilizada para describir e identificar todo el flujo de trabajo de una empresa. Con esto, todos los involucrados comprenden los pasos necesarios de cada tarea, incluidos otros sectores y la alta gerencia.

Este debería ser su primer paso en la implementación de estándares en los procedimientos, ya que, durante el mapeo, se pueden identificar cuellos de botella. (My ABCM, 2020)

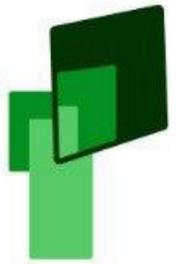
Análisis ABC

El análisis ABC es un sistema que se utiliza para diseñar la distribución de inventarios en almacenes. El objetivo de esta metodología es optimizar la organización de los productos de tal forma que los más atractivos y solicitados por el público se encuentren a un alcance más directo y rápido. Con ello se reducen los tiempos de búsqueda y se aumenta la eficacia. (Economipedia, 2016)

Los productos A representan entre 70 y 80% del criterio de clasificación seleccionado y únicamente representan el 15% del total de artículos en inventario, los productos B representan entre el 15 y 25% del criterio de clasificación y el 30% del total de artículos en inventario y los productos C representan solamente el 5% del criterio de clasificación y el 55% del total de artículos en inventario.

DESARROLLO

Actualmente en el proceso no se cuenta con un orden específico de las actividades que se realizan para llevar a cabo los cortes, en la imagen 2 se muestra el flujo que lleva el proceso.



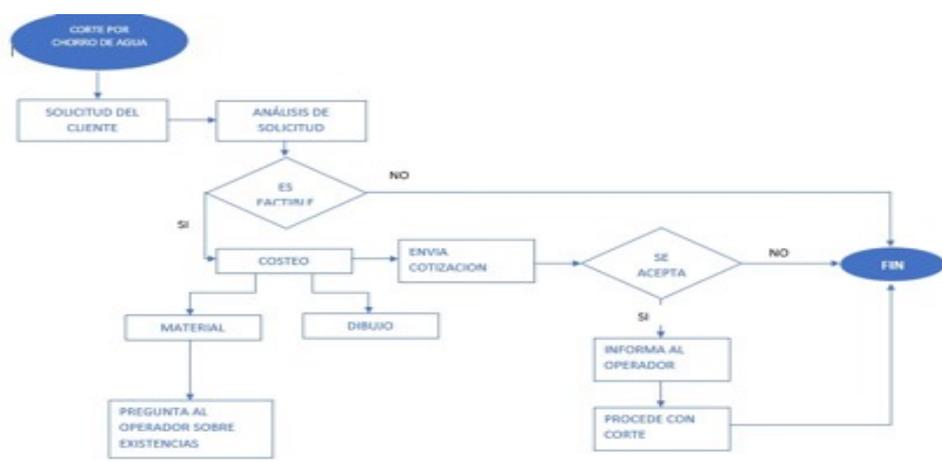


Imagen 2. Diagrama de flujo actual

Cabe mencionar que a causa de que las ordenes de corte son de palabra, al operador se le olvida y constantemente pregunta acerca del trabajo a realizar. Una vez identificado el flujo con el que se llevaba a cabo del proceso de corte por chorro de agua, se elaboró el siguiente cursograma de proceso (Imagen 3):

CURSOGRAMA DE PROCESO				
VE TODO ACTUAL		VE TODO PROYECTADO		
PROCESO	CORTE POR CHORRO DE AGUA	LLEGADA DE MATERIA PRIMA Y SALIDA DE PRODUCTO TERMINADO		
DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	TRANSPORTE	ALMACENAMIENTO	DESCRIPCIÓN
CANTIDAD TOTAL				
DESTACA TOTAL (N)	52			
TIEMPO TOTAL (SEG)	49.333			
ACTIVIDAD	SÍMBOLO	TIEMPO (SEG)	AL	OBSERVACIONES
1. DESCARGA DE MATERIA PRIMA	○→▽▷■	100		
2. COLOCAR EN LA BOQUILLA	○→▽▷■	20	8	SE USAN MÁS TIEMPOS EN ESTOS PASOS Y DIMENSIONES EN LOS REGISTROS DE INVENTARIO
3. VERIFICAR EN EL CORREO CORTE APROBADO	○→▽▷■	300	14	EL OPERADOR DEBE QUE ENTREN A VERIFICAR LO QUE SE REALIZA
4. SELECCIONAR EL DISEÑO REALIZAR	○→▽▷■	300		
5. SELECCIONAR EL MATERIAL CON EL QUE SE TRABAJARÁ	○→▽▷■	1500	6	INCLUYE TIPO DE MATERIAL Y CALIBRE
6. COLOCAR EL MATERIAL EN LA MAQUINA	○→▽▷■	100	6	SE VERIFICA QUE EL MATERIAL ESTE BIEN CLAVADO CORRECTAMENTE A LA MAQUINA
7. BUSCAR Y SUJETAR EL MATERIAL CON LOS CLAVOS DE SUJECIÓN	○→▽▷■			
8. MODIFICAR EL DISEÑO PARA USAR EL MATERIAL MATERIAL	○→▽▷■			DEPENDI DE EL VOLUMEN Y EL CALIBRE DE LA PIEZA A CORTEAR
9. POSICIONAR LA BOQUILLA EN EL CERVO DE TRABAJO (X, Y, Z)	○→▽▷■			
10. BUSCAR Y COLOCAR LA ESPONJA DE PROTECCIÓN EN LA BOQUILLA	○→▽▷■	10	2	
11. SUBIR EL NIVEL DEL AGUA HASTA QUE TAPE COMPLETAMENTE EL MATERIAL	○→▽▷■	5	1	
12. CORRER EL PROGRAMA QUE CORTARÁ LA PIEZA	○→▽▷■		2	DEPENDI DE EL VOLUMEN Y EL CALIBRE DE LA PIEZA A CORTEAR
13. LEVANTAR LA BOQUILLA EN EL EJE Z	○→▽▷■	5		
14. MANDAR LA BOQUILLA A UN LUGAR SEGURO	○→▽▷■	30		
15. BAJAR EL NIVEL DEL AGUA	○→▽▷■	5	2	EL OPERADOR CAMBIA A UNA MENOR VELOCIDAD DEVIDO A QUE HAY CABLEADO EN EL PISO
16. REBRIR EL ARRASADO CON AGUA	○→▽▷■	30		
17. RETIRAR LA PIEZA CORTADA	○→▽▷■	60		
18. SECAR LA PIEZA	○→▽▷■	10	2	
19. PASAR LA PIEZA A UN LUGAR DISPONIBLE	○→▽▷■	10	3	ESO APLICA A CUALQUIER LUGAR DEL TALLER
20. RETIRAR LOS CLAVOS DE SUJECIÓN Y COLOCARLO EN UN LUGAR DISPONIBLE	○→▽▷■	30	1	ESO APLICA A CUALQUIER LUGAR DEL TALLER
21. RETIRAR EL MATERIAL SOBREVANTE	○→▽▷■	100	5	ESO APLICA A CUALQUIER LUGAR DEL TALLER
22. ALMACENAR EL MATERIAL SOBREVANTE (SI APLICA)	○→▽▷■			ESO APLICA A CUALQUIER LUGAR DEL TALLER
TOTAL		2935	52	

Imagen 3 Cursograma del proceso



Con el cursograma de proceso se obtuvieron los siguientes datos:

- Tiempo del corte por chorro de agua en minutos: 49.25
- Distancia recorrida en metros: 52

Es de mucha importancia llevar el registro de los cortes que se realizan y así de esta manera tener un control de las salidas de producto, para llevar el control de los cortes se implementó el Formato 1.

Formato 1. Registro diario de corte

REGISTRO DIARIO DE CORTES EN MÁQUINA								
FECHA	CLIENTE	TIPO	CANTIDAD	DESCRIPCION	MATERIAL	CALIBRE/ESPESOR	TIEMPO DE CORTE(MIN)	HORA DE INICIO

Se elaboró el Formato 2 en una hoja de Excel para poder calcular el precio de venta de un material por centímetro cuadrado una vez que se determinaron los recursos necesarios para ello.

Formato 2. Precio de materiales

PRECIO DE MATERIALES											
MATERIA L	ESPESO R	TIP O	PRECIO NETO	AREA LAMIN A	PRECIO EN CM*2	AREA NECESIDAD A	PRECIO CM*2	COST O DE VENT A	COST O + IVA	FECHA	PROVEEDOR
Placa Inox	5/16"	304	\$17,753.00	12 30	0.47710292	140	\$66.79	\$93.51	\$108.47		
Placa Inox	3/8"	304	\$21,647.00	12 30	0.58175221	140	\$81.45	\$114.02	\$132.27		
Acero al Carbón											
A. al Carbón	3/4"	A36	\$12,100.00	12 24	0.40814949	1443	\$588.96	\$824.54	\$956.47	18/11/2020	Aceros 2000
A. al Carbón	3/8"	A36	\$5,900.00	12 30	0.15855952	792	\$125.58	\$175.81	\$203.94	10/08/2020	Aceros 2000

Como se observa en el formato 2 se debe especificar el tipo de material, espesor, precio neto, el área de la lámina de la cual se obtuvo el precio, así como las diferentes fórmulas implementadas acorde a los requerimientos de la empresa.

Adicionalmente se agregaron dos columnas una para escribir la fecha en la que se realizó la cotización de la placa y otra para anotar el proveedor de dicha placa o solera.

Para llevar un control de lo que ya se está cortando o que ya se cortó se recomienda usar el formato 1 y llenarlo como se muestra en la imagen 3, este complemento es usado para saber las horas de corte en un día y al final de la semana, de la misma manera se lleva el control de las horas de corte que lleva la boquilla (tiene una vida útil de 50 horas), con el fin de evitar fallas en los cortes.



Formato 3. Ejemplo de cómo llenar el formato 1

REPORTE DIARIO DE CORTES EN MAQUINA								
FECHA	CLIENTE	U. DE MEDIDA	CANTIDAD	DESCRIPCION	MATERIAL	CALIBRE/ESPESOR	TIEMPO CORTE(MIN)	HORA DE INICIO
06/10/2020	JUAN GRUPO ELITE	SERVICIO	1	CORTE DE 1PZA 615-17110	1018	6.5MM	2.23	17:02
07/10/2020	IMPAGTA RICARDO	SERVICIO	1	CORTE DISCO DE SIEMNRE HORTALIZADA	430 INOXIDABLE	0.9MM	3.842	12:15
07/10/2020	SERVIN	SERVICIO	1	CORTE SIERRA	ALUMIONIO 6061	2MM	0.42	18:50
08/10/2020	LUZARS RICARDO	SERVICIO	1	CORTE DE 6BPZAS 3EFP524	FIBRA DE VIDRIO	6MM	2.3666	10:10
08/10/2020	SERVIN	SERVICIO	1	CORTE DE IMAN 3" X 4"	IMAN A36	25.5MM	5.131	12:29

Una vez analizada la forma en como se realiza el proceso de corte por chorro de agua se determinó un nuevo diagrama de flujo (Imagen 4) para evitar retrasos y promover el buen funcionamiento de dicho proceso.

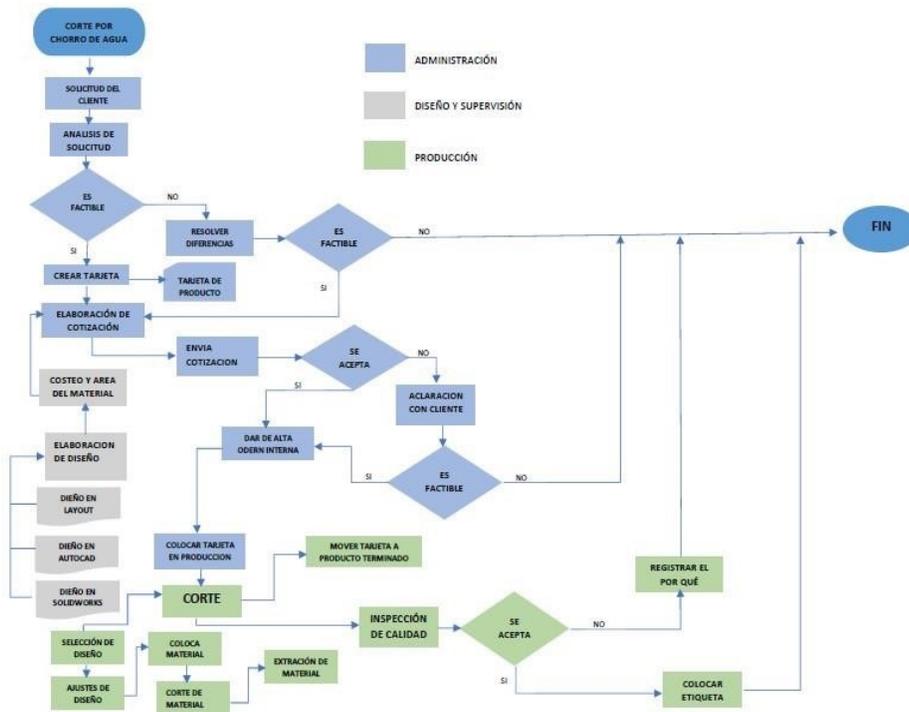


Imagen 4. Diagrama de flujo



Una vez obtenido los datos del cursograma de proceso, se hizo notar la gran cantidad de tiempo que se usaba buscando el material requerido para cortar, por lo que se realizó una propuesta de control de inventario. La metodología que fue elegida para llevar el control del inventario fue la metodología ABC, debido a que dicha metodología nos ayuda a optimizar la organización de los productos de tal forma que los más solicitados por los clientes se encuentren a un alcance más directo y rápido.

Se comenzó con el levantamiento de datos de los materiales que se encontraban en la empresa, por lo que fue necesario realizar un lay out de como es que estaba distribuida (Imagen 5).

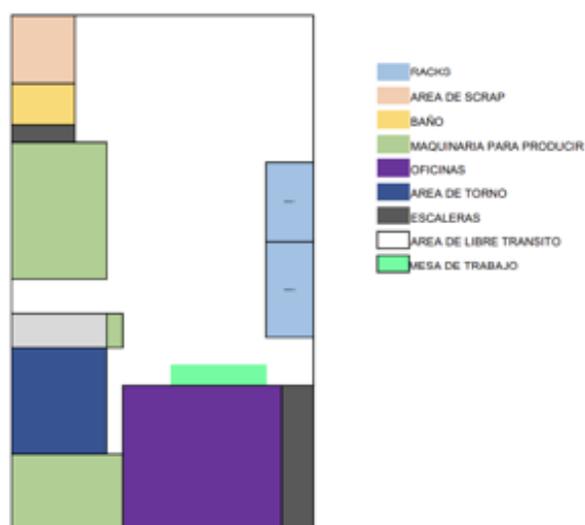


Imagen 5. Distribución inicial

El rack 1 se encontraron muchos tipos de materiales mezclados entre sí, como se muestra en la imagen 6.

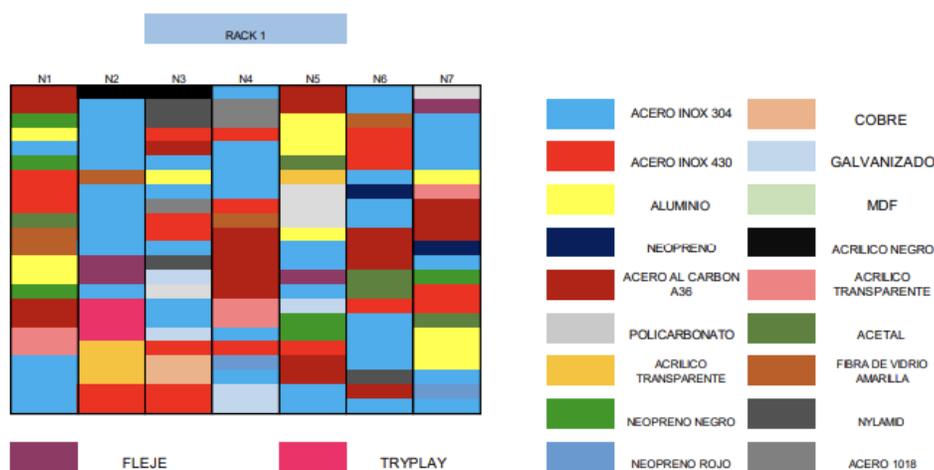


Imagen 6. Recolección de datos en Rack 1

En el Rack 2 se encontraban las placas más grandes de los materiales, sin un orden de acomodo como se muestra en la imagen 7.

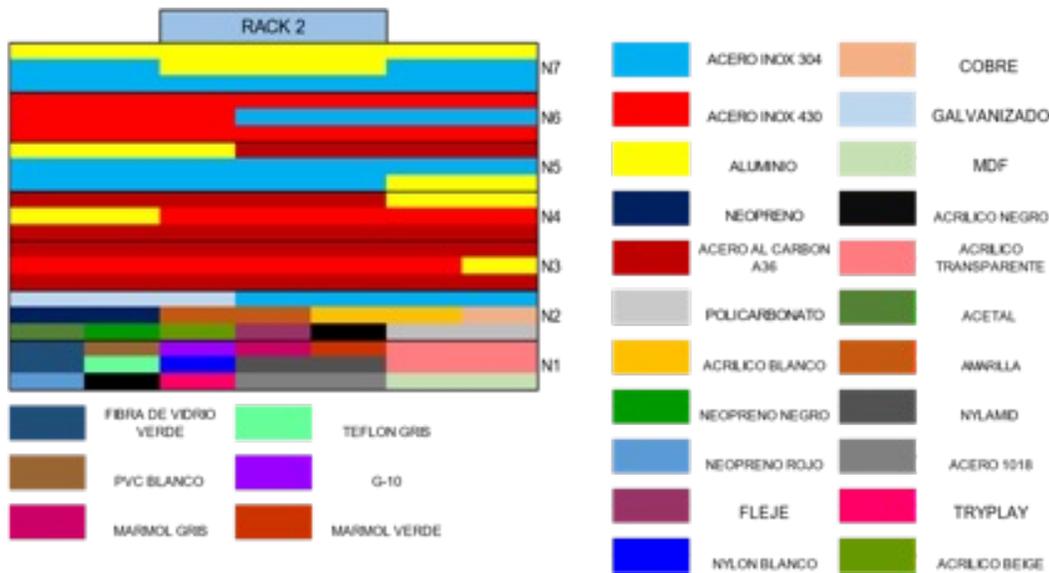


Imagen 7. Recolección de datos en el Rack 2

Una vez identificados todos los materiales fue necesario registrarlos por tipo de material, calibre, dimensiones totales y espacio útil, además se les asignó una clave de identificación de acuerdo con el tipo de material, los materiales encontrados se muestran en la tabla 3:

Tabla 3. Ejemplos de datos obtenidos en la recolección de datos

RACK	UBICACION	CODIGO	MATERIAL	CALIBRE	DIMENSIONES TOTALES		DIMENSIONES UTILES	
R3	FN1	NN1	NEOPRENO NEGRO	6.35	101	101	72	45.5
R3	FN1	NN2	NEOPRENO NEGRO	12.00	88	40	88	40
R3	FN1	NR1	NEOPRENO ROJO	8.76	24	117	24.5	117
R3	FN1	NR2	NEOPRENO ROJO	6.00	41	56	41	56
R3	FN1	FVA1	FIBRA DE VIDRIO AMARILLO	6.35	14	50.5	14.5	50.5

Para comenzar con el análisis ABC se realizó un listado de materiales que se tienen en inventario tomando en cuenta solo su tipo, ya que resulta más fácil para el operador hallar el material. La tabla 4 muestra el listado de materiales, demanda, precio y ventas por año de los materiales registrados en el inventario.



**Tabla 4.** Listado de materiales, demanda, precio y ventas por año, para análisis ABC

MATERIAL	DEMANDA	PRECIO	VENTAS POR AÑO
INOX 304	400	\$ 4,750.00	\$ 1,900,000
INOX 430	429	\$ 4,000.00	\$ 1,716,000

El siguiente paso para el análisis ABC es ordenar los valores de mayor a menor del factor que fue considerado, en este caso, fue la demanda y el impacto que tiene en las utilidades, así mismo calcular el porcentaje que representan con respecto al total (ver Tabla 5).

Tabla 5. Listado de materiales de mayor a menor con porcentajes

MATERIAL	DEMANDA	PRECIO	VENTAS POR AÑO	% DE VENTA	% ACUMULADO
INOX 304	400	\$ 4,750	\$ 1,900,000	29.65%	29.65%
INOX 430	429	\$ 4,000	\$ 1,716,000	26.78%	56.43%
A36	367	\$ 3,800	\$ 1,394,600	21.76%	78.20%
ALUMINIO	301	\$ 4,200	\$ 1,264,200	19.73%	97.92%
ALEACIONES	5	\$ 12,000	\$ 60,000	0.94%	98.86%
POLIMEROS	10	\$ 3,900	\$ 39,000	0.61%	99.47%
FIBRAS	2	\$ 17,000	\$ 34,000	0.53%	100.00%
TOTAL \$			6,407,800		

Tomado en consideración que los artículos A representan el 80%, los artículos B el 15% y los artículos C el 5% de las ganancias, los materiales por clase quedan como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6 Listado de materiales con clase

MATERIAL	DEMANDA	PRECIO	VENTAS POR AÑO	% DE VENTA	% ACUMULADO	CLASE
INOX 304	400	\$ 4,750	\$ 1,900,000	29.65%	29.65%	A
INOX 430	429	\$ 4,000	\$ 1,716,000	26.78%	56.43%	A
A36	367	\$ 3,800	\$ 1,394,600	21.76%	78.20%	A
ALUMINIO	301	\$ 4,200	\$ 1,264,200	19.73%	97.92%	B
ALEACIONES	5	\$ 12,000	\$ 60,000	0.94%	98.86%	C
POLIMEROS	10	\$ 3,900	\$ 39,000	0.61%	99.47%	C
FIBRAS	2	\$ 17,000	\$ 34,000	0.53%	100.00%	C
TOTAL \$			6,407,800			

Para el reacondicionamiento de los materiales fueron considerados los siguientes factores:

- Clase de material (A, B o C)
- Tipo de material
- Para un mayor aprovechamiento del espacio en los niveles de los racks, fueron divididos en dos secciones.
- Espesor del material
- Cantidad de materiales de ese tipo.

Tomando en cuenta los 7 niveles disponibles en el rack 1 y las dos secciones en las que fue dividido, se asignaron los materiales con dimensiones menores a un metro, quedando de la siguiente manera (ver imagen 8):

1. Nivel 1

- Sección 1: placas de aluminio de espesores iguales o menores a 1/8"
- Sección 2: placas de aluminio de espesores mayores a 1/8" y menores a 1/2"

2. Nivel 2

- Sección 1: placas de aluminio de espesores iguales o mayores a 1/2", pero menores a 1"
- Sección 2: placas de aluminio de espesores iguales o mayores a 1"

3. Nivel 3

- Sección 1: placas de A36 con espesores en un rango de 2.5mm a 3.5mm
- Sección 2: placas de A36 con espesores en un rango de 3.6mm a 5.9mm

4. Nivel 4

- Sección 1: placas de A36 con espesores en un rango de 6 mm a 11.9
- Sección 2: placas de A36 con espesores en un rango de 12mm a 19.9mm

5. Nivel 5

- Sección 1: placas de A36 con espesores en un rango de 20 mm a 26mm
- Sección 2: placas de A36 con espesores mayores a 26.1 mm





6. Nivel 6

- Sección 1: placas de inox 430 menores o iguales a 1.49mm de espesor
- Sección 2: placas de inox 430 mayores o iguales a 1.5mm de espesor

7. Nivel 7

- Sección 1: placas de inox 304 con espesores menores o iguales a 1mm
- Sección 2: placas de inox 304 con espesores mayores o iguales a 1.1 mm

N7	SECCION 1	INOX 304	SECCION 2
N6	SECCION 1	INOX 430	SECCION 2
N5	SECCION 1	A36	SECCION 2
N4	SECCION 1	A36	SECCION 2
N3	SECCION 1	A36	SECCION 2
N2	SECCION 1	ALUMINIO	SECCION 2
N1	SECCION 1	ALUMINIO	SECCION 2

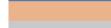
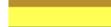
	INOX 304
	INOX 430
	ALEACIONES
	A36
	ALUMINIO
	POLIMEROS
	FIBRAS

Imagen 8. Distribución de materiales en el Rack 1

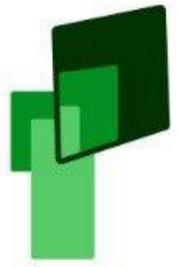
En el rack 2 fueron asignadas las placas con dimensiones mayores a un metro, ya que es el rack con mayor área disponible para material, lo materiales asignados fueron (ver imagen 9):

1. Nivel 1

- Sección 1: placas de aluminio con espesores menores o iguales a 6mm
- Sección 2: placas de aluminio con espesores mayores a 6mm

2. Nivel 2

- Sección 1: placas de A36 con espesores menores o iguales a 3mm
- Sección 2: placas de A36 con espesores en un rango de 3.1mm a 12mm



3. Nivel 3

- Sección 1: placas de A36 con espesores en un rango de 12.1mm a 24mm
- Sección 2: placas de A36 con espesores mayores o iguales a 24.1mm

4. Nivel 4

- Sección 1: placas de inox 430 con espesores menores o iguales a 1.49mm
- Sección 2: placas de inox 430 con espesores mayores o iguales a 1.5mm

5. Nivel 5

- Sección 1: placas de inox 304 con espesores menores o iguales a 1.49mm
- Sección 2: placas de inox 304 con espesores en un rango de 1.5mm a 2.9mm

6. Nivel 6

- Sección 1: placas de inox 304 con espesores en un rango de 3mm a 6mm
- Sección 2: placas de inox 304 con espesores mayores o iguales a 6.1mm

7. Nivel 7

- Sección 1: placas de policarbonato
- Sección 2: placas de MDF

N7	SECCION 1	POLIMEROS	SECCION 2
N6	SECCION 1	INOX 304	SECCION 2
N5	SECCION 1	INOX 304	SECCION 2
N4	SECCION 1	INOX 430	SECCION 2
N3	SECCION 1	A36	SECCION 2
N2	SECCION 1	A36	SECCION 2
N1	SECCION 1	ALUMINIO	SECCION 2

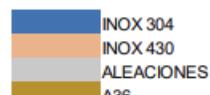


Imagen 9. Distribución de materiales en el Rack 2

En el rack 10 fueron asignados las placas con dimensiones menores a un metro, los materiales asignados fueron (ver imagen 10):

1. Nivel 1

- Sección 1: placas de fibra de vidrio amarilla
- Sección 2: placas de fibra de vidrio verde

2. Nivel 2

- Sección 1: placas de Nylamid
- Sección 2: placas de los polímeros restantes

3. Nivel 3

- Sección 1: placas de cobre
- Sección 2: placas de fleje y latón

4. Nivel 4

- Sección 1: placas de A36 con espesores menores o iguales a 1.49 mm
- Sección 2: placas de A36 con espesores mayores o iguales a 1.5mm

5. Nivel 5

- Sección 1: placas de inox 304 con espesores menores o iguales a 1.49mm
- Sección 2: placas de inox 304 con espesores mayores o iguales a 1.5mm

N5	SECCION 1	INOX 304	SECCION 2
N4	SECCION 1	A36	SECCION 2
N3	SECCION 1	ALEACIONES	SECCION 2
N2	SECCION 1	POLIMEROS	SECCION 2
N1	SECCION 1	FIBRAS	SECCION 2

	INOX 304
	INOX 430
	ALEACIONES
	A36
	ALUMINIO
	POLIMEROS
	FIBRAS

Imagen 10. Distribución de materiales en el Rack 3



Con la redistribución de los materiales apoyados de la metodología ABC y la estandarización del proceso de corte por chorro de agua, tomando en cuenta que el tiempo de corte es muy variable de acuerdo con el tipo de cada pieza, el tipo de material y el espesor que se maneja, se realizó nuevamente la toma del tiempo del proceso, el cual se muestra en la imagen 11.

CANTIDAD TOTAL DE TAREAS CON 202	TIEMPO TOTAL (MIN)	ACTIVIDAD	SIMBOLO	TIEMPO (SEGS)	COST (M)	OBSERVACIONES
		1 DESCARGA DE MATERIA PRIMA	○ → ▼ ▽ ■	180		
		2 COLOCAR EN RINAGUET	○ → ▼ ▽ ■	20	8	SE DEBE REGISTRAR TIPO, ESPESOR Y DIMENSIONES EN LOS REGISTROS DE INVENTARIO
		3 IDENTIFICAR LA TARJETA DE PROCESO DE PRODUCCION	○ → ▼ ▽ ■	150	8	
		4 SELECCIONAR EL ORDEN A REALIZAR	○ → ▼ ▽ ■	240		
		5 SELECCIONAR EL MATERIAL CON EL QUE SE TRABAJARA	○ → ▼ ▽ ■	210	8	INCLUIRE TIPO DE MATERIAL Y CALIBRE
		6 COLOCAR EL MATERIAL EN LA SIQUINA	○ → ▼ ▽ ■	180	8	SE VERIFICA QUE EL MATERIAL ESTA BIEN CUADRADO CON RESPECTO A LA MAQUINA
		7 MUESTRAR EL MATERIAL CON LOS CLAMOS DE SUCESION	○ → ▼ ▽ ■			
		8 MODIFICAR EL DISEÑO PARA USAR EL SIMBOLO DE MATERIAL	○ → ▼ ▽ ■			DEPENDIENDO DE EL VOLUMEN Y EL CALIBRE DE LA PIEZA A CORTAR
		9 POSICIONAR LA BOQUILLA EN EL CENTRO DE TRABAJO (X, Y, Z)	○ → ▼ ▽ ■	5	2	
		10 COLOCAR LA ESPONJA DE PROTECCION EN LA BOQUILLA Y SUBIR EL NIVEL DEL AGUA	○ → ▼ ▽ ■	5	2	DEPENDIENDO DE EL VOLUMEN Y EL CALIBRE DE LA PIEZA A CORTAR
		11 CORRER EL PROGRAMA QUE CORTARA LA PIEZA	○ → ▼ ▽ ■			
		12 LEVANTAR LA BOQUILLA EN EL EJE Z	○ → ▼ ▽ ■	5		
		13 BAJAR LA BOQUILLA A UN LUGAR DEFINIDO	○ → ▼ ▽ ■	30		
		14 BAJAR EL NIVEL DEL AGUA	○ → ▼ ▽ ■	5	2	EL OPERADOR CAMBIA A UNA MENOR VELOCIDAD DEVIDO A QUE HAY CABLEADO EN EL PISO
		15 RETIRAR EL ABRAIVADO CON AGUA	○ → ▼ ▽ ■	30		
		16 RETIRAR LA PIEZA CORTADA	○ → ▼ ▽ ■	60		
		17 SECAR LA PIEZA	○ → ▼ ▽ ■	10	2	
		18 PASAR LA PIEZA A LA MESA DE INSPECCION	○ → ▼ ▽ ■	10	3	
		19 REALIZAR INSPECCION DE MEDIDAS	○ → ▼ ▽ ■	60		
		20 RETIRAR LOS CLAMOS DE SUCESION Y COLOCARLO EN LA MESA DE TRABAJO	○ → ▼ ▽ ■	180	1	
		21 RETIRAR EL MATERIAL SOBREVIVIE	○ → ▼ ▽ ■	180	5	
		22 REPOSICIONAR EL MATERIAL SOBREVIVIE (SI APLICA)	○ → ▼ ▽ ■			SI NO APLICA A CUALQUIER LUGAR DEL TALLER
				TOTAL	1555	43

Imagen 11. Cursograma de proceso

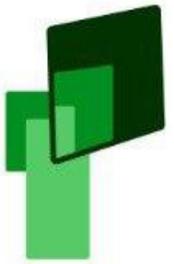
Con el cursograma de proceso se obtuvieron los siguientes datos:

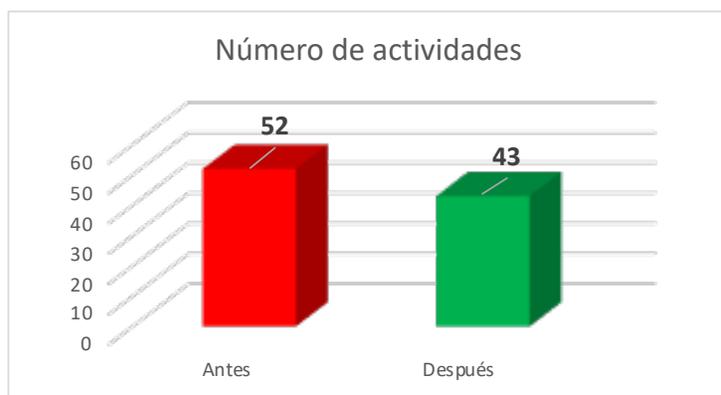
- Tiempo del corte por chorro de agua en minutos: **25.917**
- Distancia recorrida en metros: **43**

RESULTADOS

Una vez realizados todos los cambios necesarios para estandarizar el proceso, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

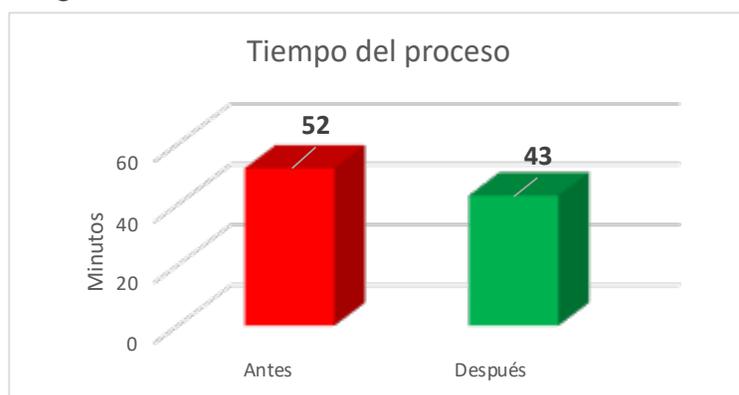
- El número de actividades antes y después son las mismas 22 (gráfica 1), sin embargo, las actividades son distintas, además de ser tareas más específicas y bien definidas.





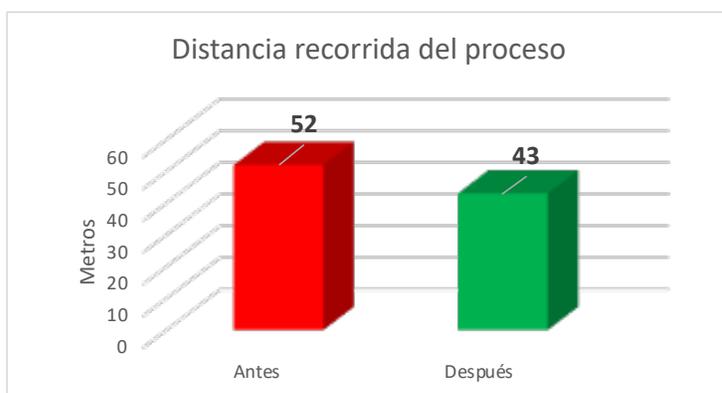
Gráfica 1. Número de actividades antes VS después

- El tiempo de proceso que se tenía antes era de 49.25 minutos, y con las mejoras realizadas el tiempo de proceso bajo a 25.917 minutos, lo que representa una optimización del tiempo de proceso del 47.37%, como se muestra en la gráfica 2.



Gráfica 2. Tiempo de proceso antes VS después

- La distancia recorrida inicial era de 52 metros y con la redistribución tanto del almacén de materiales como del mismo proceso se logró reducir a 43 metros (ver gráfica 3), lo que representa un 17.30% de la distancia total recorrida.



Gráfica 3. Distancia recorrida del proceso antes VS después

CONCLUSIONES

El objetivo que era disminuir el tiempo de proceso de corte por chorro de agua en un 25% mediante su estandarización fue alcanzado y superado, obteniendo una disminución del 47.37% en el tiempo de proceso, porque no solo agiliza todas las áreas de la planta con la creación de los check list de las actividades específicas que debe realizar cada área, sino que también mejoró la calidad del servicio que se ofrece garantizando la calidad en las piezas cortadas en un menor tiempo. Además de traer los beneficios a la empresa con los mantenimientos preventivos semanales, ya que con esto es menos probable que se tenga que hacer un mantenimiento correctivo y se evita el perder tiempo en tratar de solucionar alguna falla que se presentaba cuando no se tenían estos registros vitales, por lo que es muy recomendable seguir realizándolo.

Con la implementación de la metodología ABC para la redistribución en el almacén de materiales se logro un buen funcionamiento de este, agilizando el surtido de los materiales e impactando en el tiempo de proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atlas Consultora (17 de Marzo de 2021). Recuperado el 06 de Junio de 2021, de <https://www.atlasconsultora.com/estandarizacion-del-trabajo/>
- BIRTH LH (31 de Mayo de 2021). Recuperado el 2021 de junio de 10, de https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/DFM/TFM/TFM07/es_DFM_TFM07_Contenidos/website_33_parmetros_de_corte_y_capacidad_de_proceso.html.
- Economipedia (20 de Febrero de 2016). Recuperado el 30 de Octubre de 2020, de <https://economipedia.com/definiciones/analisis->
- Economipedia (07 de Mayo de 2020). Recuperado el 06 de Junio de 2021, de <https://economipedia.com/definiciones/estandarizacion.html>.
- Estandarizacion de procesos de empresas textiles técnicos (15 de Agosto de 2013).



Maquicorte (02 de Julio de 2020). Obtenido de <http://maquicorte.com.mx/>

My ABCM (23 de Enero de 2020). Recuperado el 30 de Octubre de 2020, de <https://www.myabcm.com/es/blog-post/estandarizacion-de-procesos/>

Tecnica 8. Estandarizacion de procesos (23 de Marzo de 2017). Recuperado el 23 de Octubre de 2020, de http://www.contactopyme.gob.mx/Cpyme/archivos/metodologias/FP2007-dos-presentaciones_capacitacion/elemento3/estandariacion.pdf



197

ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE EL ANÁLISIS ABC PARA MINIMIZAR EL TIEMPO DE SURTIDO EN UN ALMACÉN DE GIRO FARMACEÚTICO

José Azael Molina Gil

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
azael260494@gmail.com

Israel Becerril Rosales

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
israel.becerril@tesjo.edu.mx

Fecha de recepción: 24/06/2022

Fecha de aprobación: 30/07/2022

198

Resumen

Es un caso de estudio llevado a cabo en el almacén de materia prima de una empresa de giro farmacéutico, en el que no se llevaba ningún tipo de control, no se tenían ubicaciones definidas para cada materia prima y se colocaban donde existiera un espacio disponible, lo que dificultaba el surtido y hacía que la operación del almacén que terminaba con la entrega de ordenes de pesado fuera muy tardada, lo hacían en 8 horas con 30 minutos, además de comprar por comprar, pues no utilizaban ninguna metodología para estimar su volumen de cada materia prima a utilizar, la estimación estaba basada en la experiencia de los encargados y eso generaba un sobre inventario muy costoso para la empresa.

Para contrarrestar el mal manejo del almacén se implementó el análisis ABC tomando como criterio de selección el consumo de cada materia prima, que posteriormente sirvió de base junto con métodos de pronósticos implementados para realizar la redistribución del almacén para hacer eficiente el manejo de este, mejorando así el tiempo para las ordenes pesadas en un 58.8% y disminuyendo los niveles de inventario.

Palabras clave: Administración de Inventarios, Análisis ABC, Tiempo de surtido.

Abstrac

It is a case study carried out in the raw material warehouse of a pharmaceutical company, in which no type of control was carried out, there were no defined locations for each raw material and they were placed where there was an available space, which made the assortment difficult and made the warehouse operation that ended with the delivery of weighing orders take a long time, they did it in 8 hours and 30 minutes, in addition to buying to buy, since they did not use any methodology to estimate their volume of each raw material to be used, the estimate was based on the experience of those in charge and that generated a very costly over-inventory for the company.

To counteract the poor management of the warehouse, the ABC analysis was implemented, taking as a selection criterion the consumption of each raw material, which later served as the basis together with forecasting methods implemented to carry out the redistribution of the warehouse to make its management efficient, improving thus the time for heavy orders by 58.8% and decreasing inventory levels.

Keywords: Inventory Management, ABC Analysis, Assortment Time.

INTRODUCCIÓN

La administración del inventario es un tema central para evitar problemas financieros en las organizaciones, es un componente fundamental en la productividad de una empresa, ya que es el activo corriente de menor liquidez que manejan y que además contribuye a generar rentabilidad. Es el motor que mueve a la organización, pues es la base para la comercialización de la empresa que le permite obtener ganancias (Durán, 2012).

Krajewski y Ritzman (2000), establecen que uno de los grandes desafíos de la gestión de inventarios consiste en mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas con mayor eficiencia y productividad.

Muchas organizaciones tienen en sus almacenes una gran cantidad de artículos que no tienen una misma característica, muchos de estos artículos son relativamente de bajo costo, en tanto que otros son bastante costosos y representan gran parte de la inversión de la empresa. Algunos de los artículos del inventario, aunque no son especialmente costosos tienen una rotación baja y en consecuencia exigen una inversión considerable; otros artículos, aunque tienen un costo alto por unidad, rotan con suficiente rapidez para que la inversión necesaria sea relativamente baja.

De acuerdo con Villegas, Chávez, Castillo, et, al. (2004) expresan que el análisis ABC (Activity Based Costing Sistem) es una metodología de costeo que permite tomar decisiones estratégicamente y de forma acertada garantizando determinar costos asignados al precio de los productos y de los servicios lo más razonable.

Gutiérrez (2009) define que el análisis ABC es aquel sistema que se utiliza para diseñar la distribución de inventarios en almacenes, con el objetivo de optimizar, también llamado curva 80-20, se fundamenta en el aporte de la economía.

Para Rendel (2009) ABC, es también llamado costeo en base a transacciones, "cost drivers", son medidas del número de transacciones envueltos en una actividad en particular, los productos de bajo volumen usualmente causan más transacciones por unidad de producción, que los productos de alto volumen y los procesos de manufactura altamente complejos tienen más transacciones que los procesos más simples.

Para Duran (2012) el método ABC consiste en dividir el inventario en tres grupos para determinar el nivel y tipos de procedimientos de control. El control de los productos "A" debe ser el más cuidadoso dada la magnitud de la inversión comprendida, en tanto los productos "B" y "C" estarían sujetos a procedimientos de control menos estrictos.

En la mayoría de las empresas la distribución de los artículos del inventario es que el 20% corresponden al 80% de la inversión en inventario, mientras que el 80% restante de los artículos corresponden solamente al 20% de dicha inversión, es por ello que se hizo necesario formular un nuevo sistema de asignación en la prioridad que se le da a las existencias que maneja la empresa. La aplicación del sistema de costos ABC en una empresa para el control de inventarios se empieza por la clasificación en grupos de artículos así:

- Los artículos "A": constituyen solo un 15% de todos los artículos del inventario, representarían entre 70 y 80% de acuerdo con el criterio de clasificación seleccionado.
- Los artículos "B": estos representan alrededor del 30% de todos los artículos del inventario y entre 15 y 25% de acuerdo con el criterio de clasificación seleccionado.
- Los artículos "C": representan únicamente 5% de todos los artículos del inventario, pero casi 55% de acuerdo con el criterio de clasificación seleccionado.

Aquí los porcentajes mencionados son solo indicativos, ya que varían según el tipo de sistema. Lo que es realmente importante es el concepto de que el mayor esfuerzo en la realización en la gestión de inventario debe ser hecho sobre una cantidad pequeña de materiales, que son los "A" y sobre un porcentaje importante de artículos, que son los "C".

De acuerdo con Chase, Jacobs & Aquilano (2009), los pronósticos son elementos importantes para una organización ya que la mayoría de las veces éstos son considerados como pieza clave para la toma de decisiones dentro de la empresa. Así como, la base para la planeación corporativa a largo plazo. Por lo regular un pronóstico exacto es casi imposible de obtener. Considerando el ambiente donde se desarrollan las empresas, existen diferentes factores que son difíciles de predecir. Por esta razón, la persona responsable de generar los Pronósticos no debería enfocar sus esfuerzos en buscar un pronóstico exacto, sino más bien debería fomentar la práctica de una revisión continua de los



pronósticos y aprender a vivir con pronósticos imprecisos. Esto no significa que debe aceptar cualquier modelo o metodología, sino que debe buscar de manera continua una metodología que le ofrezca un Pronóstico aceptable dentro de lo razonable (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

Por otro lado, Ballou (2004) indica que los pronósticos de la demanda son importantes para la organización, ya que éstos proporcionan datos de entrada para la planeación y control de todas las áreas funcionales, incluyendo logística, marketing, producción y finanzas. Así mismo, indica, que la labor de predicción es un proceso que regularmente recae en el área de Marketing o Planeación Económica o a un grupo especial conformado por la propia organización.

Nahmias (2007) menciona que los pronósticos presentan cinco diferentes características:

1. Normalmente están equivocados.
2. Un buen pronóstico es más que un simple número
3. Los pronósticos agregados son más exactos
4. Entre más lejano sea el horizonte de pronóstico, la exactitud de la predicción disminuirá.
5. Los pronósticos no deben usarse para excluir información conocida.

DESARROLLO

Cabe destacar que actualmente la empresa no conoce con certeza los tiempos de entrega de los productos que oferta, ya que lo hace en función a la velocidad que da la máquina, olvidándose de factores que repercuten en el mismo, lo mismo ocurre con su almacén de materia prima (MP), ya que tampoco conocen el tiempo de surtido, por lo que fue necesario realizar una toma de tiempos para conocer dicho tiempo bajo las condiciones en las que trabajan (figura 1).

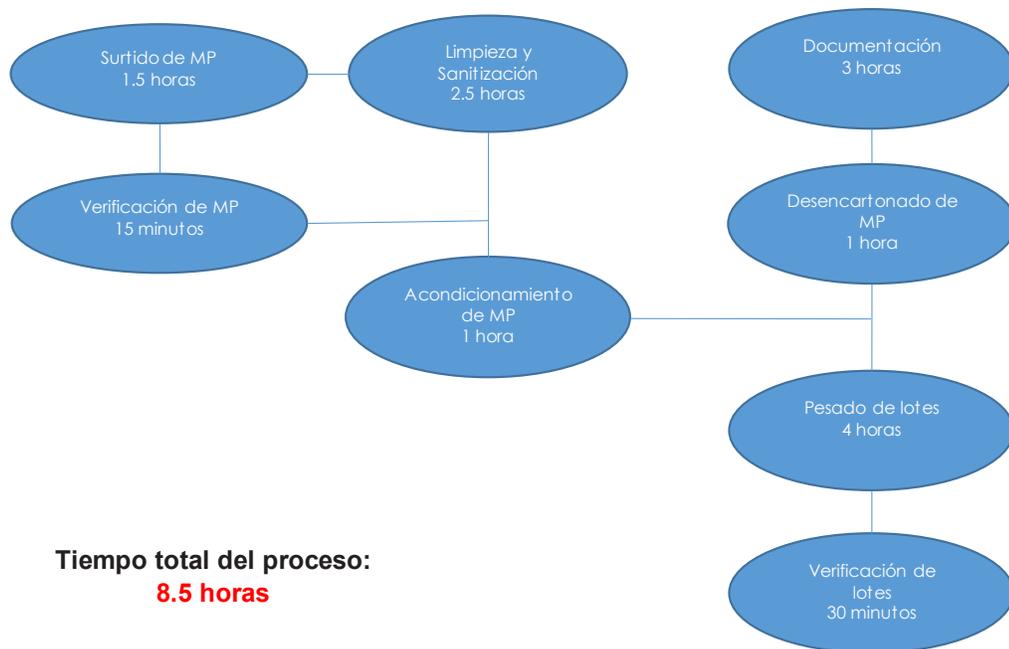


Figura 1. Tiempo de surtido

Se realiza una base de datos de las MP que se almacenan considerando datos históricos de 21 meses, con la información obtenida se realiza el análisis ABC, se toma como criterio el consumo mensual de cada MP, obteniéndose los resultados que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis ABC

Clasificación	Número de MP	% del Total
A (84%)	8 (1A – 8A)	15
B (11%)	7 (9B – 15B)	13
C (5%)	39 (16C – 54C)	72

Apoyándose del análisis ABC que se realizó, nos sirvió de base para realizar un mapeo de la distribución que existe de las MP en el almacén, tal como se muestra en la figura 2, lo que nos sirvió para ver que no hay un orden en su distribución y que cada MP es colocada donde exista lugar y podemos encontrarla en más de una ubicación, lo que dificulta tanto el despacho como el inventario cíclico que se realiza de manera semanal.

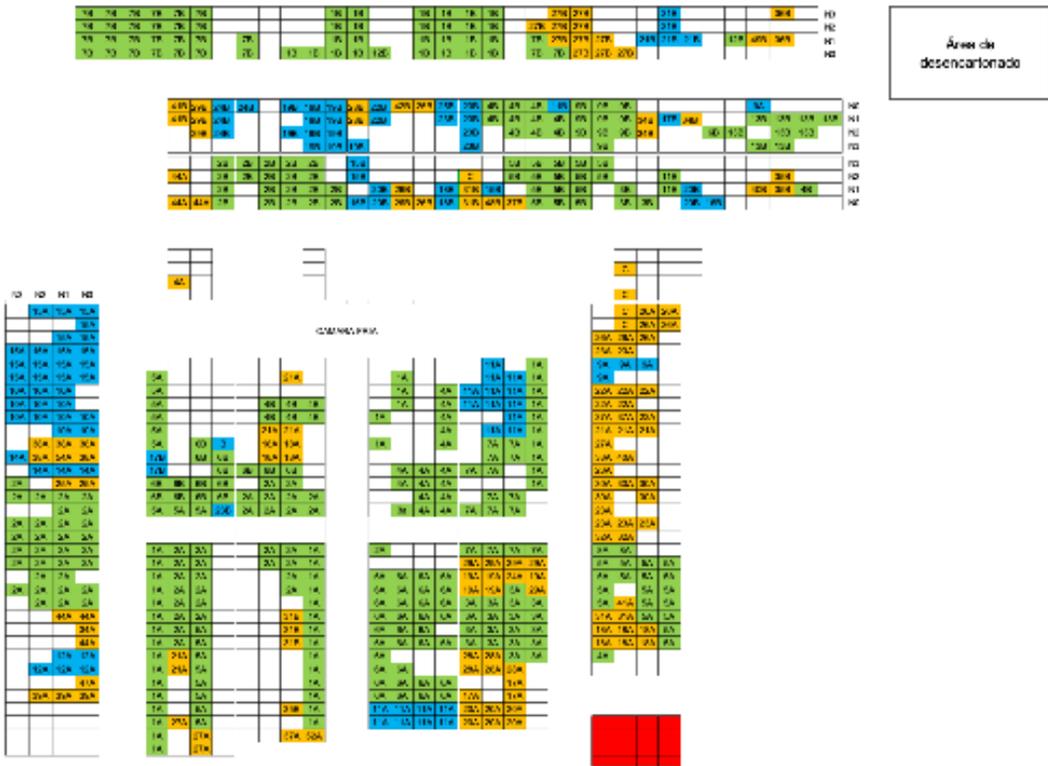


Figura 2. Distribución del almacén

Una vez identificados las MP se complementó el análisis ABC con el inventario que se tenía en cada una de ellas al cierre de cada mes, se ejemplifica con el primer producto de la clasificación A como se muestran en la figura 3.

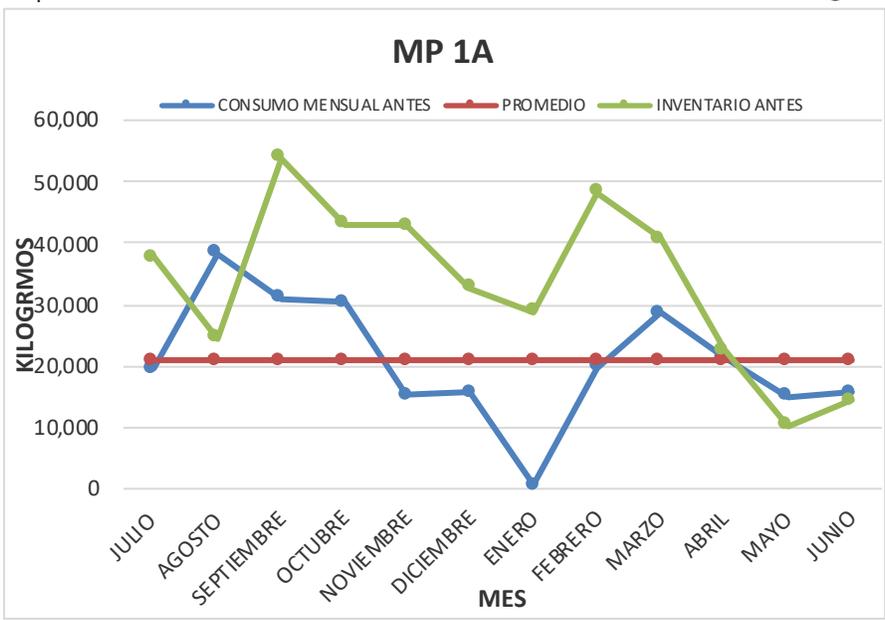


Figura 3. Consumo VS Inventario



Cabe mencionar que el comportamiento que se muestra en la figura 3 era el mismo en todas las MP, con la información de lo que se consumió y lo que se quedó en cada mes de todas la MP se evidencia el grave problema que se tiene, ya que, al costear el inventario, como se ejemplifica con el producto 1A en la figura 4 se dan cuenta que tienen millones parados sin generar ninguna ganancia, sino todo lo contrario, ya que las MP se compran a crédito y no se están utilizando.



Figura 4. Costo del Inventario

Por lo que se hace necesario aplicar técnicas de pronósticos, en este caso fueron series de tiempo con el fin minimizar los niveles de inventario y mejorar la planeación en la movilidad de cada MP, además de dar soporte al personal encargado para la toma de decisiones en cuanto a la cantidad que se tiene que comprar de cada MP, así como a determinar el personal necesario para la movilidad de los productos comprados. Para ejemplificar se muestran los resultados obtenidos para los 8 productos con clasificación A, ya que representan el 84% del consumo total del almacén.

La tabla 2 ilustra el concentrado de los pronósticos de consumo de los productos con clasificación A. Los métodos de pronósticos utilizados para definir cual daría mejores resultados son el promedio móvil, promedio móvil ponderado, suavización exponencial y regresión lineal. El criterio que se consideró para definir que método de pronóstico nos arroja una menor incertidumbre fue la Desviación Absoluta Media (MAD), donde se resalta en color rojo el método ideal para cada una de esas 8 MP.

Tabla 2. Pronóstico de consumo para productos con clasificación A

Técnica	Producto 1A	Producto 2A	Producto 3A	Producto 4A	Producto 5A	Producto 6A	Producto 7A	Producto 8A
	MAD							
Promedios móviles	7284	3999	3027	2154	2224	3263	1827	2160
Promedios móviles ponderados	6938	3963	2878	2211	2345	3392	1727	2056
Suavización exponencial	6597	3728	3219	2393	2725	3705	2595	2552
Regresión lineal	6108	3238	3255	1967	2062	2838	1697	1936

Una vez que se realizó el análisis ABC y se pronosticaron todas las MP, se procedió a trabajar en la redistribución del almacén, considerando los siguientes criterios:

- Si la MP era activo o excipiente.
- Presentación de la MP (kg)
- Tipo de embalaje
- Piezas por tarima

Con los resultados obtenidos del pronóstico se pudieron determinar los lugares necesarios para todas las MP, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Asignación de tarimas por MP

ACTIVO	EXCIPIENTE	ALMACEN	PRESENTACION	TOTAL PIEZAS	PIEZAS/TARIMA	CODIGO DEL PRODUCTO	TARIMAS OK
	X	BETA Y CEFAS	50	418	20	1A	42.0
	X	NO BETA	25	350	18	2A	20.0
	X	BETA	100	77	8	3A	10.0
	X	NO BETA	175	33	8	4A	6.0
	X	NO BETA	40	129	9	5A	16.0
	X	CEFAS	70	64	8	6A	8.0
	X	BETA	70	54	8	7A	8.0
	X	NO BETA	25	59	9	8A	8.0
X		NO BETA	25	52	18	1B	4.0

De acuerdo con las tarimas necesarias para cada MP se realizaron algunas propuestas de redistribución en conjunto con los 2 supervisores del área. La propuesta de distribución que mejor se ajustaba a las necesidades y permitía reducir de una manera más eficiente las distancias recorridas se muestra en la figura 5, donde se puede apreciar que ya existe un orden en las MP, una mejor distribución que permite controlar de una manera efectiva y eficiente los inventarios cíclicos; además de disminuir los tiempos de surtido al realizar menos recorrido para despachar las MP y al contar con una ubicación definida cada una de ellas.



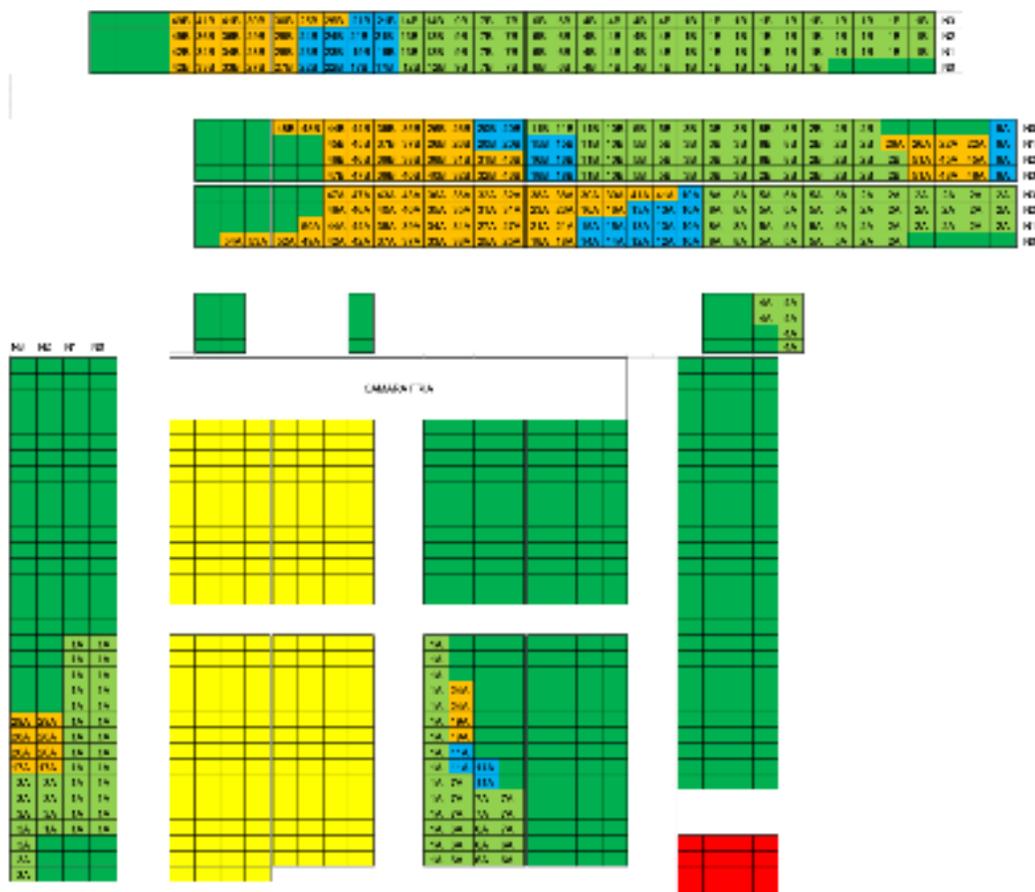


Figura 5. Redistribución del almacén de MP

RESULTADOS

Una vez que se estandarizaron las ubicaciones para cada MP y que ahora cada una de ellas tiene un lugar definido impacta de manera positiva en los tiempos de surtido y pesaje, ya que al recorrer menor distancia el surtido se realiza de una manera más eficiente, disminuyendo el tiempo de la operación total a 3 horas con 30 minutos, lo que representa una reducción del 58.8%.

Haciendo un análisis minucioso de la reducción del inventario se puede ver como el consumo promedio mensual no presenta una diferencia significativa con respecto a los 12 meses analizados, pero no es así para el comportamiento del inventario promedio mensual, ya que la diferencia es muy significativa, ya que representa un 88% en la reducción del inventario en el Producto 1A, tal y como se muestra en la figura 6.

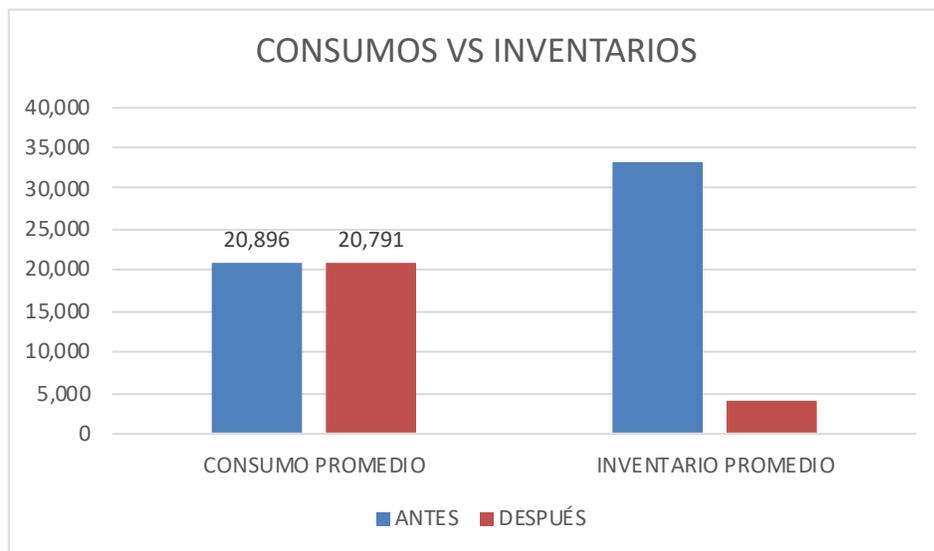


Figura 6. Comparativo del consumo e inventario promedio mensual del producto 1A

Haciendo un análisis minucioso de la reducción del inventario del producto 1A durante los últimos 5 años se puede observar en la figura una reducción del nivel de inventario, en un mayor porcentaje en el año 4 y 5, ya que fue a mediados del año 4 cuando los resultados de las implementaciones realizadas comenzaron a ser tangibles.

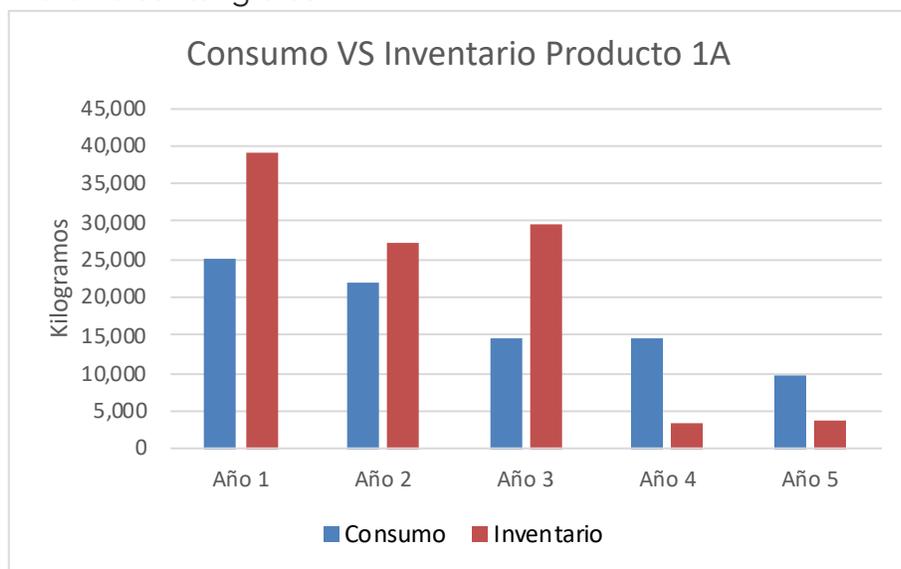


Figura 7. Costo del inventario total

Esto mismo que se muestra para el producto 1A se realizó para todas las MP, reflejándose una disminución en los niveles de inventario del 51.8%, lo que generando ahorros millonarios para la empresa.

CONCLUSIONES

El rol que juegan los inventarios en una compañía manufacturera y comercializadora es de vital importancia para la misma, dado que representan una proporción significativa de sus activos y por ende de sus procesos productivos, y más cuando las compras se hacen a crédito y no son utilizadas. Por tal consideración, se requiere de una administración efectiva de las MP, así como de los productos en proceso y terminados. El seguimiento administrativo presenta una constante oportunidad de mejora en el sistema de control de inventarios.

La aplicación que se le dio al análisis ABC en el almacén nos permitió asignar una ubicación específica para cada materia prima, ya que se colocaban donde fuera, con ello se agiliza el surtido de cada una de ellas porque las distancias que se recorren ahora son más cortas, lo que permite entregar ordenes pesadas en menor tiempo y en las cantidades solicitadas.

La desventaja que se tiene ahora es que con la administración del inventario y definidas las cantidades necesarias de cada MP la capacidad del almacén es mayor a lo que se requiere, lo que repercute en un mayor costo de mantener por cada MP que está en el almacén, por ello la importancia de realizar primero una buena proyección.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballou, R. H. (2004). Logística. Administración de la Cadena de Suministro. México: Pearson Prentice Hall.
- Chase, R. B., Jacobs, R., & Aquilano, N. J. (2009). Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros. Distrito Federal, México: Mc Graw Hill.
- Durán, Y. (2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las. *Visión Gerencial*, 55-78.
- Gutiérrez, Ó. P (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios, vol. 22. Núm. 38. Cuadernos de Administración, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/205/20511730009.pdf>



- Krajewski, L. y Larry Ritzman. (2000). Administración de operaciones: estrategia y análisis. México, DF: Prentice Hall.
- Nahmias, S. (2007). Análisis de la Producción y las Operaciones. México, D.F.: McGraw-Hill.
- Rendel, B (2009). Administración de operaciones. México. Pearson.
- Villegas, C., Chaves, G., Castillo, A, Caicedo, N y Solarte, W. P (2004). Costeo ABC. ¿Por qué y cómo implantarlo?, núm. 12. Estudios Gerenciales. Universidad ICESI Cali, Colombia. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/212/21209203.pdf>

IMPLEMENTACIÓN DEL SMED PARA REDUCIR EL TIEMPO DE SET UP EN EL CAMBIO DE MOLDE EN MÁQUINA DE INYECCIÓN

Cristian Escobar Romualdo

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
cristianescobar1993jun@outlook.com

Israel Becerril Rosales

Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán
israel.becerril@tesjo.edu.mx

Fecha de recepción: 24/06/2022

Fecha de aprobación: 30/07/2022

210

Resumen

Las formas de hacer negocios han cambiado y hoy en día el cliente tiene cada vez más poder, exigiendo tiempos de entrega cortos, lotes pequeños y más variedad de productos, bajo ese esquema la empresa en estudio no podía cumplir con ello, ya que su tiempo de set up para el cambio de molde de su máquina de inyección era muy tardado, lo hacían en un tiempo de 4 horas con 51 minutos, por lo que se decidió implementar la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) en las líneas de inyección, para ello fue necesario filmar toda la operación de montaje y desmontaje para documentar todas las actividades y poder identificar perfectamente las actividades internas y externas, además fue necesario implementar la técnica 5's para que la metodología sea más efectiva y se tengan únicamente las herramientas que se utilizan para el cambio del molde.

Después de la implementación del SMED se logró reducir el tiempo de set up del cambio de molde de inyección en un 47.07%, por lo que se replicó en todas sus máquinas de inyección.

Palabras clave: SMED, Set up, Productividad.

Abstrac

The ways of doing business have changed and today the client has more and more power, demanding short delivery times, small batches and more variety of products, under this scheme the company under study could not comply with it, since its time set up for changing the mold of their injection machine was very long, they did it in a time of 4 hours and 51 minutes, so it was decided to implement the SMED methodology (Single Minute Exchange of Die) in the injection lines, for this it was necessary to film the entire assembly and disassembly operation to document all the activities and to be able to perfectly identify the internal and external activities, it was also necessary to implement the 5's technique so that the methodology is more effective and only the tools are available. used for mold change.

After the implementation of the SMED, it was possible to reduce the set up time of the injection mold change by 47.07%, so it was replicated in all its injection machines.

Keywords: SMED, Set up, Productivity

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la competencia por ofrecer productos de calidad es muy fuerte por lo que se debe de estar al día en cuanto a técnicas o tendencias innovadoras, esto con el fin de tener una mayor productividad y claro reducir costos.

El presente trabajo trata de resolver el problema relacionado con el tiempo de set up para el cambio de molde de inyección que es de 4 horas con 51 minutos, lo que afecta el cumplimiento de las órdenes de producción, es por ello por lo que se puso como objeto minimizar el tiempo de set up en un 30% para lograr un aumento en la productividad y así evitar tener clientes insatisfechos.

Cabe mencionar, que este problema se da también porque el personal de moldes no cuenta con el herramental necesario para cada empleado, y se tiene que esperar a que una persona termine de realizar su actividad con dicha herramienta para entregársela al compañero, aunado a que no se tiene un orden ellas, por lo que se hace necesario implementar la técnica 5's también.

El tiempo de cambio de moldes se puede reducir aplicando la metodología del SMED, la cual se compone de cuatro pasos que se deben seguir para lograr la disminución que se tiene planeada, con esto se pueden identificar actividades que se pueden realizar antes de tener la maquina parada y con ello eliminar acciones innecesarias.

El origen de la metodología SMED se remonta a los primeros años del sistema de fabricación lean. Aunque la metodología busca reducir los tiempos de set up, realmente el principal objetivo es permitir al sistema productivo producir lo que realmente solicita el mercado (Correa, Medina, & Cruz, 2009).

SMED es el acrónimo de las palabras "Single -Minute Exchange of Dies", que significa que los cambios de formato o herramienta necesarios para pasar de un lote al siguiente se pueden llevar a cabo en un tiempo inferior a 10 minutos (Carbonell, 2013).

Cuando se programa un cambio en la producción se generan actividades que se conocen como externas e internas; las actividades externas se realizan con la máquina en movimiento y son las ideales, mientras que las actividades internas se hacen hasta que la máquina está parada.



Se puede interpretar que la técnica SMED tiene beneficios y aspectos positivos en las empresas generando un buen procedimiento y una mejor ganancia a futuro, aprovechando al máximo de todos los recursos necesarios en dicho caso como lo es el tiempo. (Elizabeth, 2018)

Las etapas de aplicación de la metodología SMED según Correa, Medina & Cruz (2009) son:

- Preliminar. Lo que no se conoce no se puede mejorar
- Primera etapa: Separar las tareas internas y externas
- Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas.
- Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas.

Las 5's son una técnica japonesa para el mejoramiento de procesos, las cuales son:

1. Seiri: Separar lo necesario de lo innecesario.
2. Seiton: Definir un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
3. Seiso: Hacer limpieza.
4. Seiketsu: Estandarizar los procesos y mantener las 3's anteriores.
5. Shitsuke: Generar una cultura de disciplina que haga que se mantengan las 4's anteriores.

La segunda, tercera y cuarta "s" son los soportes más importantes que puede tener el sistema SMED. Las formas de trabajo de estas "s" coinciden completamente con la segunda y tercera etapas del SMED. (Arrieta Posada, 2007)

DESARROLLO

Una vez que se identificó la problemática con respecto al tiempo excesivo en el set up para el cambio de molde en las máquinas de inyección, para llegar a la causa raíz se realizó un diagrama de Ishikawa (figura 1), para ello se hizo una lluvia de días con las posibles causas que provocaban el problema.



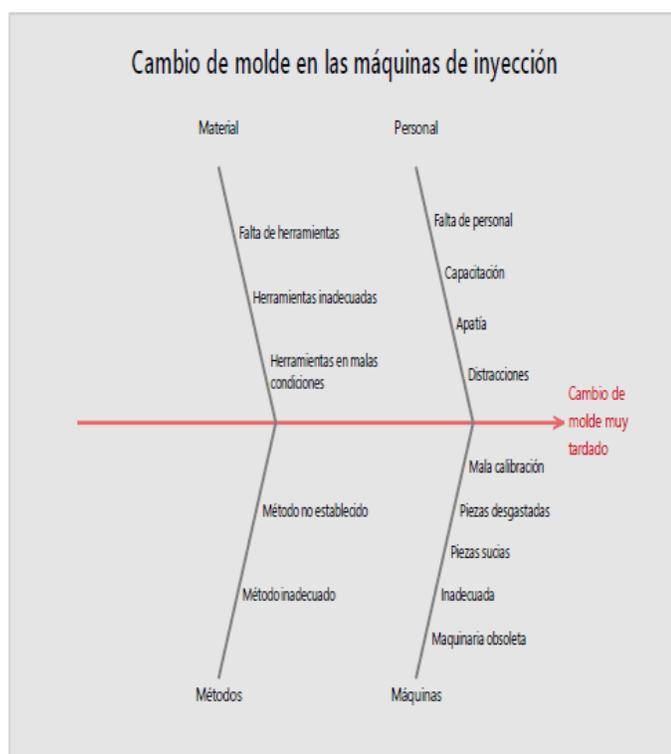


Figura 1. Diagrama de Ishikawa del cambio de molde en la máquina de inyección

Una vez identificada la causa raíz y determinado que se tenía que aplicar el SMED fue necesario capacitar al personal de moldes sobre la metodología SMED y la técnica 5's, ello con la finalidad de que entendieran lo que se iba a realizar y fuera más sencilla su implementación.

El personal del taller de moldes realiza el cambio de molde en las líneas de producción de forma irregular, ya que no se llevaba un procedimiento correcto, se contaba con un formato establecido el cual menciona las actividades que se deben realizar de forma general, pero muchas veces el tiempo de cambio varía de acuerdo con la máquina y el molde. Por lo que se debería realizar uno más a detalle considerando la máquina y el molde. Una vez que se terminó de instalar el molde se realiza un Check list verificando la instalación del molde

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED

Etapa preliminar: Estudio de la operación de cambio de molde.

En la etapa preliminar se realizó un análisis de las actividades que componen el cambio de molde en las máquinas de inyección mediante la filmación del proceso de desmontaje, este análisis se realizó con un cronómetro electrónico ya que se pudieron estimar los minutos y segundos de una forma más exacta, el cronómetro es una herramienta que nos ayudó a definir los tiempos que se requirieron para cada actividad, las cuales son 255 en total.



El registro se elaboró en una hoja de Excel, mediante el análisis de las actividades se observaron traslados, movimientos del personal al llevar a cabo el cambio de molde, además se identificaron actividades internas y externas que hace mención el primer paso de la metodología del SMED, este registro se puede observar en la tabla 1, cabe resaltar que el estudio se dividió en desmontaje y montaje.

Tabla 1. Registro de actividades

Desmontaje del molde					
No	Operador	Registro de actividades	Tiempo		
		Actividades	Hrs	Min	Seg
1	R	Poner la máquina en stand by poner el chiller en set up		5	
2	R	Traer la herramienta en el carrito a la máquina		3	
3	R	Tomar llave			10
4	R	Subirse a la máquina			20
5	R	Aflojar tornillos de las barras de los expulsores		3	
6	R	Descenso			15
7	R	Colocarse en medio de la máquina y desatornillar			30
8	R	Salida de la máquina			30
9	R	Traslado al carrito			5
10	R	Cambio de llave			10
11	R	Traslado a la máquina			5

Las cámaras de videograbación fueron ideales para grabar los métodos del operario y el tiempo transcurrido. Al tomar película de la operación y después estudiarla un cuadro a la vez, se pudieron registrar los detalles exactos del método usado y el tiempo que requirieron para cada actividad, también se pueden establecer estándares y calificar el desempeño del operador. Además, con la cámara pueden surgir mejoras potenciales del método que pocas veces se detecta con el procedimiento del cronómetro tomado en tiempo real y más con tiempos tan largos de set up.

Las cámaras de videograbación fueron ideales para grabar los métodos del operario y el tiempo transcurrido. Al tomar película de la operación y después estudiarla un cuadro a la vez, se pudieron registrar los detalles exactos del método usado y el tiempo que requirieron para cada actividad, también se pueden establecer estándares y calificar el desempeño del operador.



Paso 1: Separar actividades internas y externas

Una vez que se analizaron las actividades que componen el cambio de moldes se procede a identificar cuáles son las actividades tanto internas como externas. Para ello se dispuso un listado de forma que sea visible la separación de las actividades que se tienen registradas, se identificaron con color naranja las actividades externas y con color amarillo las internas, se separan por tiempos para saber el tiempo exacto de cada una de las actividades, así como conocer las actividades que se pudieran convertir o eliminar (ver Tabla 2).

Tabla 2. Registro de actividades internas y externas en el desmontaje del molde

Desmontaje del molde											
No	Operador	Registro de actividades	Tiempo			Tipo de actividad					
		Actividades	Hrs	Min	Seg	Interna	Min	Seg	Externa	Min	Seg
1	Rodolfo	Poner la máquina en stand by poner el chiller en set up		5		1	5				
2	Rodolfo	Traer la herramienta en el carrito a la maquina		3					1	3	
3	Rodolfo	Tomar llave			10				1		10
4	Rodolfo	Subirse a la máquina			20	1					20
5	Rodolfo	Aflojar tornillos de las barras de los expulsores		3		1	3				
6	Rodolfo	Descenso			15	1		15			
7	Rodolfo	Colocarse en medio de la máquina y desatornillar			30	1		30			
8	Rodolfo	Salida de la máquina			30	1		30			
9	Rodolfo	Traslado al carrito			5				1		5
10	Rodolfo	Cambio de llave			10				1		10
11	Rodolfo	Traslado a la máquina			5	1		5			
12	Rodolfo	Quitar tornillos		1		1	1				
13	Rodolfo	Traslado al carrito de llaves		1					1		1
14	Rodolfo	Cambio de llave			10				1		10
15	Rodolfo	Traslado a la máquina			10	1		10			

El resumen de las actividades comprendidas para esta etapa se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 Tiempos de las actividades del cambio de molde

Actividades		Tiempo empleado
Total de actividades	255	4°51'
Actividades Internas	159	3°40'
Actividades Externas	96	1°11'



Paso 2: Convertir las actividades internas en externas.

Analizando las actividades internas y externas se lograron detectar cuáles son las actividades que se lograron convertir, es importante que en este paso se logre hacer una mayor cantidad de actividades externas, es decir teniendo la máquina en operación y con esto el tiempo de la máquina detenida es menor. Entre los pasos para realizar los cambios de actividades internas a externas fueron:

- Eliminar pasos de búsqueda de herramientas o útiles.
- Utilizar equipos de precisión en lugar de hacer ajustes visuales o al tanteo.
- Completar todo pre-trabajo antes de iniciar el cambio de molde.

Con estas acciones se pudieron eliminar los traslados innecesarios.

Para que este paso tuviera éxito fue necesario implementar la técnica 5's, ya que el personal del taller de moldes tenía solamente una caja de herramientas, las cuales no tenían ningún orden, se encontraban todas revueltas, para evitar ello y tener únicamente las herramientas necesarias se adquirió un carrito (figura 2), por lo que ya no fue necesario implementar la primer "s".



Figura 2. Carro de herramientas

La segunda y la cuarta "s" se realizaron al mismo tiempo, ya que para ordenar fue necesario determinar la forma en cómo se estandarizaría el carrito con las herramientas apropiadas (figura 3), para ello el personal de moldes diseño un diagrama de sombras en la cual marca el lugar correspondiente de cada herramienta, así como identificar cada cajón con el fin de darle un lugar a cada una de ellas e identificar de manera rápida que herramientas se encuentran en cada uno de ellos y así mantenerlo siempre.



Figura 3. Segunda, tercer y cuarta "s"

La tercera "s" hace referencia a la limpieza, en este paso se llevó a cabo la limpieza en el carrito y en el taller en general, con el fin de tener un área segura y con un buen aspecto, la limpieza se realiza cada tercer día, la limpieza es fundamental para no dañar las piezas del molde con polvo o algún material abrasivo cuando se realice una lubricación o mantenimiento del molde figura La última "s" hace referencia a la disciplina, la disciplina nos ayudó a mantener un control sobre la limpieza, el orden y la estandarización para garantizar que no se perdería tiempo en buscar alguna herramienta necesaria para el cambio del molde.

En la figura 4 se muestran algunas de las acciones implementadas que permitieron reducir el tiempo de set up del molde de la máquina de inyección.

Contar con la herramienta necesaria.	
Tener preparado el molde a colocar antes de comenzar con el cambio de molde.	
Tener en el carrito las llaves necesarias a utilizar.	
Contar con las refacciones necesarias (abrazaderas, mangueras, etc.)	
Utilizar un contenedor para depositar el agua que sale de las mangueras.	
Colocar la grúa con la eslinga en la máquina antes de empezar a desmontar el molde.	

Figura 4. Actividades propuestas al personal de moldes

Una vez implementadas todas las acciones tanto de 5's como la conversión de actividades, quedando como se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resultado de la conversión de las actividades interna en externas

Actividades Internas				Actividades Externas			
Total	Quedaron	Convertidas	Eliminadas	Total	Quedaron	Convertidas	Eliminadas
159	52	23	107	96	14	23	82

Paso 3: Perfeccionar las actividades internas y externas

Las actividades que se perfeccionaron fueron revisadas con cuidado teniendo en cuenta aspectos de seguridad, calidad e inocuidad. Para perfeccionar las actividades internas y externas se analizó nuevamente el montaje y desmontaje para mejorar la eficiencia de algunas actividades (figura 5).

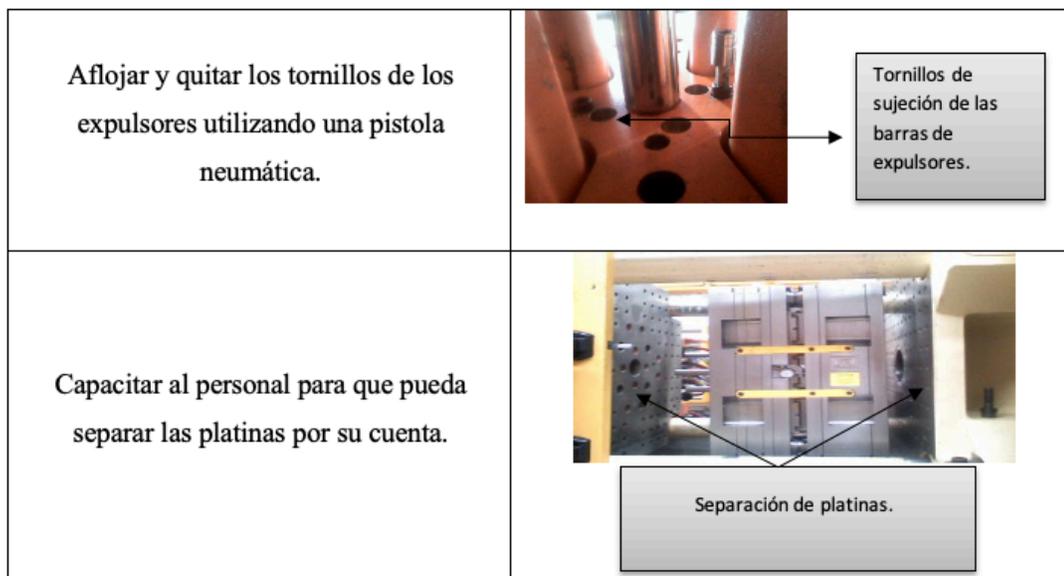


Figura 5. Actividades perfeccionadas

RESULTADOS

Los resultados obtenidos con la implementación de la metodología SMED y la técnica 5's fueron muy satisfactorios, hubo una reducción de más del 300% en el total de actividades, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Actividades Sin SMED VS Con SMED

Sin el SMED			Con el SMED		
Actividades Internas	Actividades Externas	Actividades Totales	Actividades Internas	Actividades Externas	Actividades Totales
159	96	255	52	14	66

Derivado de la reducción en las actividades que nos muestra la tabla 5, también se tuvo un impacto en el tiempo del set up, lo cual era nuestro objetivo principal, llegando a una reducción del 47.07% (ver tabla 6), superando el 30% que se había planteado.

Tabla 6. Mejora del set up en el cambio de molde

CAMBIO DE MOLDE	HRS	MIN
TIEMPO TOTAL ANTES DEL SMED	4	51
TIEMPO CON EL SMED IMPLEMENTADO	2	34

La reducción representa casi la mitad del tiempo de cambio de molde, si la máquina produce 8 tarimas completas de tapas en un lapso de 8 horas, entonces se logra un aumento de la productividad en un 25%, lo que vienen siendo 2 tarimas.

En la tabla 7 se puede observar como con la reducción de las actividades que impactaron en el set up del cambio de molde el tiempo productivo se incrementa, lo que permite tener más producción en menor tiempo.



Tabla 7. Incremento de productividad

Antes	Cambio de molde de: 4 hrs con 51 min.	Tiempo de producción
Después	Cambio de molde de: 2 hrs con 34 min.	Tiempo de producción

CONCLUSIONES

El uso de la metodología del SMED nos ayudó a lograr una reducción en el set up del cambio de molde, logrando impactar en la productividad. El proceso se puede mejorar reduciendo aún más el set up, para ello es conveniente analizar las actividades de una forma más detallada, involucrando temas como seguridad y calidad, definiendo actividades para cada operador, tener dos carritos de herramientas en vez de solo uno, un punto a considerar es el trabajo en parejas teniendo una plantilla de cuatro operadores, esto haría más rápido y fácil el proceso de cambio de molde, ya que en cada costado de la máquina se tendría a un operador realizando maniobras para desmontar el molde.

La realidad es que este tipo de metodologías no son sencillas de implementar, porque no hay teoría que te diga como implementarla, aquí obedece al ingenio y creatividad de quien lo implementa y realizar un buen análisis para ver de que forma y de que herramientas y tecnología se puede apoyar para reducir cada vez más el tiempo de set up, porque esto es un ciclo de mejora donde siempre va a existir una mejor manera de realizar las cosas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta Posada, J. G. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento. *Tecnura*, 144-145.
- Carbonell. (2013). Técnica SMED. Reducción de tiempo preparación. Área de Innovación y Desarrollo, S.L., 1-10.
- Correa, H., Medina, P. D., & Cruz, E. (2009). Como reducir el tiempo de preparacion. *Scientia Et Technica*, 1-5.
- Elizabeth, J. Q. (2018). Implementación de SMED y su posible impacto en la productividad. *Unidad Academica de ciencias empresariales*, 5-11.