

Investigación Permanente

REFLEXIONES MULTIDISCIPLINARIAS:

UNA VISIÓN DE LAS CIENCIAS HACIA EL DESARROLLO REGIONAL Y LA SUSTENTABILIDAD



UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA
Red Universitaria de Jalisco



CENTRO
UNIVERSITARIO
DEL NORTE

Coordinadores

Noemí del Carmen Rodríguez Rodríguez
Elba González Aguayo

Filiberto Briseño Aguilar
María de los Ángeles Camacho Ruíz



Investigación Permanente

REFLEXIONES
MULTIDISCIPLINARIAS:
UNA VISIÓN DE LAS CIENCIAS
HACIA EL DESARROLLO REGIONAL
Y LA SUSTENTABILIDAD

Investigación Permanente

REFLEXIONES MULTIDISCIPLINARIAS: UNA VISIÓN DE LAS CIENCIAS HACIA EL DESARROLLO REGIONAL Y LA SUSTENTABILIDAD

Coordinadores

Noemí del Carmen Rodríguez Rodríguez

Filiberto Briseño Aguilar

Elba González Aguayo

María de los Ángeles Camacho Ruíz

México, 2022



**UNIVERSIDAD DE
GUADALAJARA**
Red Universitaria de Jalisco



**C E N T R O
UNIVERSITARIO
DEL NORTE**

Comité editorial

Mtro. Uriel Nuño Gutiérrez

Dr. José de Jesús Quintana Contreras

Dr. Efraín de Jesús Gutiérrez Velázquez

Dr. Reyes Joel SanJuan Raygoza

Mtro. Juan Carlos Gutiérrez Villegas

Investigación Permanente

**Reflexiones multidisciplinares: una visión de las ciencias
hacia el desarrollo regional y la sustentabilidad**

Primera edición, 2022

D. R. © 2022 Universidad de Guadalajara

Centro Universitario del Norte

Carretera federal 23, km 191, C. P. 46200

Colotlán, Jalisco, México

Tels. (+52 499) 992 1333 / 992 0110

992-2466 / 992-2467 / 992 1170

<http://www.cunorte.udg.mx/>

Elvia Susana Delgado Rodríguez

Alba Sináí Huízar Márquez

Coordinación editorial

Vera Manzano

Corrección y cuidado editorial

Javier Salazar / Prometeo Editores

Diseño y diagramación

Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida, almacenada o transmitida de ninguna manera ni por ningún medio, conocido o por conocer, sin la autorización por escrito del titular de los derechos, salvo en los casos de excepción considerados en la ley.

ISBN: 978-607-571-544-5

Hecho en México / Made in Mexico

Índice

Presentación	7
<i>Noemí del Carmen Rodríguez Rodríguez, Filiberto Briseño Aguilar, Elba González Aguayo, María de los Angeles Camacho Ruíz</i>	



Introducción	8
<i>Noemí del Carmen Rodríguez Rodríguez, Filiberto Briseño Aguilar, Elba González Aguayo, María de los Angeles Camacho Ruíz</i>	

I. Contexto socioeconómico de regiones rurales

La economía del cuidado en México: una perspectiva regional	13
<i>Andrés Felipe Ortega Quintana, Marisol Cruz Cruz</i>	

La mujer rural en la manufactura mexicana: un análisis de la precariedad laboral (2005-2020)	28
<i>Edgar Darío Arteaga Gaytán</i>	

Trata infantil con fines de explotación laboral en los cantones Otavalo y Cotacachi	41
<i>Andrea Carolina Subía Cabrera</i>	

Análisis de los factores que inciden en la empleabilidad de los egresados del CUCiénega	53
<i>Héctor Cuellar Hernández, Helga Elena Roesner García, María Luisa Villasano Jain</i>	

Dinámica laboral de los operarios agrícolas del sector palmicultor en el departamento de Casanare, Colombia	62
<i>Wilquer Herney Cruz Medina, Sonia Ibanova Herrera Hernández</i>	

Impacto de la globalización y la apertura comercial sobre la estructura y la capacidad productiva agropecuaria de Tototlán, Jalisco	70
<i>José Manuel Núñez Olivera, Rodolfo Cabral Parra, Miguel Ángel Noriega García, Armando Antonio Domech González</i>	

II. Propuestas de desarrollo tecnológico sustentable

Propuesta técnica para la producción de bovinos de carne en el municipio de Villa Guerrero, Jalisco _____	80
<i>Irma Robles Rodríguez, Quich'Pan Colel Castro Angulo, Noemí del Carmen Rodríguez Rodríguez</i>	
Avances en diseño de reactor de transesterificación _____	92
<i>Samuel Joab Baltazar Alvarado, Raúl Quiroz Martínez, Ángel Andrea Carrera Márquez</i>	
Evaluación de la actividad lipolítica y proteolítica en manzana de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) del estado de Oaxaca, México _____	102
<i>Raúl Balam Martínez Pérez, Gislane Briceño Islas, Lourdes Mariana Díaz Tenorio, Judith Esmeralda Urias Silvas</i>	
Cribado de microorganismos nativos de un proceso de compostaje de la industria azucarera y tequilera para la búsqueda de enzimas de interés biotecnológico _____	112
<i>Itzel Celeste Romero Soto, Ariana Ivette Guijosa García, María Olga Concha Guzmán, María de los Angeles Camacho Ruíz</i>	
Síntesis de un polímero electroconductor para la modificación de una pintura alquidálica con fines inhibidores de corrosión _____	122
<i>Ignacio García García, Ana Rosa Carrillo Ávila, María Olga Concha Guzmán</i>	



Presentación

El objetivo primordial de esta obra es mejorar el bienestar de los habitantes de la región, así como presentar propuestas a través de una serie de estudios para reactivar el desarrollo regional. Esto implica el combate a las desigualdades económicas y sociales, respetando el medio ambiente bajo un enfoque sustentable.

Esta obra se conforma con dos apartados, uno en el análisis del contexto socioeconómico de regiones rurales y otro como propuestas de desarrollo tecnológico sustentable.

El incremento de las oportunidades productivas, del desarrollo de la tecnología, la implementación de políticas públicas justas, el respeto y la promoción de la cultura, la equidad de género y el acceso a la educación de calidad son algunos de los esfuerzos de la sociedad y las instituciones.

Noemí del Carmen RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

Filiberto BRISEÑO AGUILAR

Elba GONZÁLEZ AGUAYO

María de los Ángeles CAMACHO RUÍZ



Introducción

Esta obra, en once capítulos, presenta investigaciones en las que se analiza el papel de la mujer en la economía regional; la dinámica laboral de grupos vulnerables: mujeres, menores de edad, profesionistas recién graduados y operarios agrícolas; el efecto de la globalización en el sector productivo; así como propuestas de desarrollo tecnológico aplicado al campo, a las energías renovables, al aprovechamiento sustentable y a las tecnologías limpias.

El primer capítulo, “La economía del cuidado en México: una perspectiva regional”, considera que estas labores de cuidado no siempre se desarrollan al interior del hogar a pesar de pertenecer al mismo; posteriormente, se desagregan algunos rasgos teórico-metodológicos desde una propuesta de relación de variables que determinan la configuración en la región centro-norte de México.

En el capítulo “La mujer rural en la manufactura mexicana: un análisis de la precariedad laboral (2005-2020)” se aborda la situación en la que la fuerza laboral femenina se encuentra dentro de la industria de la transformación, mediante el uso de la teoría de la segmentación del mercado laboral. Se parte de las variables de los días trabajados, la duración de la jornada de trabajo, los grupos de ocupación, el nivel de ingresos y el acceso a servicios de salud otorgados por los empleadores. El trabajo revela una situación de precariedad laboral originada por el factor de la doble discriminación: ser mujer y ser de origen rural, lo que confirma la segmentación vertical en el mercado del trabajo interno del sector industrial.

La explotación laboral de menores es una de las problemáticas asociadas a la movilidad humana. El capítulo “Trata infantil con fines de explotación laboral en los cantones Otavalo y Cotacachi” presenta un análisis del fenómeno de trata de personas de las comunidades indígenas kichwa otavalo de Ecuador, asociado a la movilidad, que afecta mayormente a niñas, niños y adolescentes.

Siguiendo con la temática laboral, se presenta el capítulo “Análisis de los factores que inciden en la empleabilidad de los egresados del CUCiénega”. La tendencia de los resultados señala que los egresados universitarios recurren mayoritariamente a las pequeñas empresas; el hecho de que el 46 % de los administrativos sean egresados de CUCiénega y el 27 % de otros centros de la red universitaria —un total de 73 % de personal de origen de la Universidad de Guadalajara— implica una muy alta influencia de la universidad en las actividades socioeconómicas de cada uno de los municipios de la región.

Posteriormente, tenemos el capítulo “Dinámica laboral de los operarios agrícolas del sector palmicultor en el departamento de Casanare, Colombia”. Comprender la dinámica laboral del sector palmicultor permitirá a los actores involucrados generar propuestas de desarrollo mediante la empleabilidad local y el fortalecimiento del tejido social del departamento de Casanare.

La estructura y la capacidad agropecuaria se ha modificado a partir de la globalización y apertura comercial, determinando significativamente la economía regional. Esto se discute en el siguiente capítulo, “Impacto de la globalización y la apertura comercial sobre la estructura y la capacidad productiva agropecuaria de Tototlán, Jalisco”, en el que se presenta una revisión de la literatura antes del inicio de este proceso, en 1982, y posterior a él, en 2018. De acuerdo con los resultados, los autores señalan que la afectación fue distinta según el tipo de productor: los pequeños resintieron mayoritariamente la pérdida de sus ingresos; en contraste, los medianos y grandes incrementaron sus ganancias.

Uno de los proyectos de desarrollo tecnológico con un enfoque sustentable está en el capítulo “Propuesta técnica para la producción de bovinos de carne en el municipio de Villa Guerrero, Jalisco”. Se relata un proceso de diagnóstico, propuesta tecnológica e intervención en la cadena productiva de bovinos carne mediante el Programa de Desarrollo Territorial desde la Universidad de Guadalajara. El trabajo presenta los resultados obtenidos de la aplicación de un instrumento de diagnóstico para conocer las condiciones de las unidades de producción, los cuales sugieren que los principales problemas son la poca disponibilidad de agua y forrajes, los alimentos con deficiencias de contenido proteico y los problemas zoonosarios. La estrategia de intervención consistió en implementar capacitaciones, giras de intercambio de experiencias con otros productores pecuarios y transferencia de tecnologías.

Una alternativa para el aprovechamiento de residuos de aceite vegetal quemado nos lleva al capítulo “Avances en diseño de reactor de transesterificación”. El trabajo se centra en el diseño de un reactor de transesterificación automatizado con una capacidad de 30 litros de aceite residual del proceso de elaboración de tostadas y frituras de una empresa local con el fin de transformarlo en biodiésel. Se optó por agitadores de tipo turbina de

seis palas, basados en la viscosidad y la velocidad de rotación, y se calculó la potencia necesaria, dando como resultado la selección de motores de 1/10 de hp. El diseño también contempla el sistema de lavado por atomización. Todo lo anterior pretende la mayor eficiencia posible en el rendimiento de reacción de transesterificación. Los catalizadores pueden ser aplicados para la síntesis de moléculas de interés industrial, como el biodiésel, bajo condiciones de reacción amigables con el medio ambiente.

El capítulo “Evaluación de la actividad lipolítica y proteolítica en manzana de coco (*Cocos nucifera* L.) del estado de Oaxaca, México” se enfoca en la cuantificación de la actividad enzimática de lipasas, esterases y proteasas presentes en el haustorio de coco. Los autores reportan actividad lipasa/esterasa con preferencia por *p*-nitrofenil palmitato a un pH 5.0 y 8.0. Mediante zimografía nativa observaron cinco bandas con actividad lipolítica. Con lo que respecta a la actividad proteolítica, encontraron actividad tanto a pH 5.0 como a 8.0.

Uno de los problemas de contaminación está en los residuos agroindustriales, los cuales pueden ser utilizados para la obtención de biocatalizadores útiles en el proceso de biorrefinerías de biomasa lignocelulósicas. En el capítulo “Cribado de microorganismos nativos de un proceso de compostaje de la industria azucarera y tequilera para la búsqueda de enzimas de interés biotecnológico” se presenta una propuesta tecnológica que consiste en el aislamiento de microorganismos mesofílicos y termofílicos del compostaje de bagazo de agave y caña. Estos fueron sometidos a un cribado en medios de cultivo selectivos para la búsqueda de celulasas, lacasas, peroxidasas y β -esterasas. Como resultado, se obtuvo una colección de cepas productoras de enzimas degradadoras de lignocelulosa, que será la base para el desarrollo de nuevos procesos biotecnológicos.

Por último, la durabilidad de los materiales en particular genera un impacto directo en el medio ambiente. En el capítulo “Síntesis de un polímero electroconductor para la modificación de una pintura alquidámica con fines inhibidores de corrosión” se plantea el desarrollo del proceso de síntesis de polianilina y la evaluación de sus propiedades anticorrosivas sobre el acero al carbono. De acuerdo con los resultados obtenidos para las pruebas de inmersión en agua de mar, con base en el estándar NACE-TM0104, las muestras de acero al carbono A-36 recubierto con esmalte alquidámico al 1 % de polianilina dopada mostraron mejores resultados en la pérdida de masa con respecto al alquidámico sin carga y son intermedias con respecto a las placas con epóxico. Con esto se resuelve la limitación de la falta de procesabilidad de la polianilina.

En resumen, este libro conjuga un análisis del desarrollo regional desde distintas perspectivas: el papel de la mujer en la economía del hogar, la vulnerabilidad laboral, la capacidad productiva agropecuaria y propuestas tecnológicas para el desarrollo regional con una visión sustentable. Así, es una lectura recomendable para estudiantes y académicos especializados en las distintas temáticas que se abordan, así como para lectores en general que deseen conocer la problemática que gira en torno al desarrollo regional sustentable.

Noemí del Carmen RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

Filiberto BRISEÑO AGUILAR

Elba GONZÁLEZ AGUAYO

María de los Ángeles CAMACHO RUÍZ

Investigación Permanente

Reflexiones multidisciplinares: una visión de las ciencias hacia el desarrollo regional y la sustentabilidad

I

Contexto socioeconómico de regiones rurales





La economía del cuidado en México

Una perspectiva regional

Andrés Felipe ORTEGA QUINTANA*
Marisol CRUZ CRUZ**

Resumen

El presente documento expone una mirada alterna para el análisis de la economía del cuidado remunerada y no remunerada bajo la perspectiva de la economía regional. Es de naturaleza cualitativa porque se hace una revisión documental —producción científica y fuentes generadoras de estadísticas oficiales— de las bases de datos. Primero, se revisan algunos aspectos relevantes de la conceptualización de la economía del cuidado, considerando que estas labores no siempre se desarrollan al interior del hogar a pesar de pertenecer al mismo. En segundo lugar, se desagregan algunos rasgos teórico-metodológicos de la economía del cuidado desde una propuesta de análisis regional. Finalmente, se aprecia una propuesta para el análisis de la relación de variables que determinan la configuración de la economía del cuidado en la región centro-norte de México, donde se incorporan elementos económicos y del territorio en el estudio.

Palabras clave: economía del cuidado, economía regional, trabajo reproductivo, econometría espacial.

* Universidad La Gran Colombia. afortegaq@hotmail.com

** Universidad Autónoma de Zacatecas. marisol_cruz_cruz@yahoo.com

Introducción

Este documento expone una propuesta alternativa para analizar la economía del cuidado desde la perspectiva región-sector, toda vez que cada región posee características propias, diferenciables y específicas que son determinantes en la configuración de las actividades de la economía del cuidado.

El estudio de la economía del cuidado desde el análisis regional y sectorial ha sido escaso; se ha abordado principalmente por otras disciplinas desde la perspectiva de género y no directamente sobre sus implicaciones económicas. Desde las décadas de los setenta y ochenta, se ha abordado la economía del cuidado como objeto de estudio con enfoques diferenciales que proponen análisis complementarios. Aunque no existe una definición homogénea, la economía del cuidado se relaciona con conceptos como el trabajo doméstico, trabajo reproductivo o trabajo del hogar, que, si bien presentan elementos comunes, no refieren a algo exactamente igual, dado que consideran variables diferentes.

El presente escrito aborda una perspectiva teórica que permite analizar de forma alterna el tema de estudio desde la concentración de las actividades productivas en las regiones, dadas las interacciones económicas que allí se llevan a cabo; particularmente, se propone el análisis de las regiones nodales como base teórica para el estudio de la economía del cuidado, toda vez que en este enfoque existen localizaciones dentro de las regiones que actúan como polos de atracción económica e influyen sobre los demás territorios de la región y, en este caso, en la configuración de las actividades de la economía del cuidado.

Desde lo metodológico, el documento propone la construcción de un modelo de econometría espacial a través del cual se identifican las relaciones entre las variables explicativas y la variable dependiente; a su vez, contempla los elementos espaciales que influyen en la variable dependiente, dado que los territorios vecinos de la región pueden llegar a influir en la configuración de las actividades económicas y en la concentración de población en la región de estudio.

El documento se presenta en tres partes. La primera propone una breve revisión conceptual de la economía del cuidado; la segunda incorpora la perspectiva teórico-metodológica de región aplicada a la economía del cuidado; finalmente, se expone la propuesta de análisis para la región centro-norte de México.

La economía del cuidado

El estudio de la economía del cuidado ha tomado fuerza en los últimos decenios a partir del debate que ha propuesto incorporar las actividades que allí se desempeñan en la

agenda pública; simultáneamente, ha sido ocupación de la ciencia económica, dadas las interacciones que se generan alrededor de estas actividades.

Desde la mirada marxista, la mujer contribuye en la conservación del obrero a través del trabajo reproductivo, con lo que se genera la plusvalía, fundamental en el sistema capitalista (Rubin, 1986). A través de la historia, las mujeres han soportado los hogares gracias a la conservación de los miembros de la familia, al desarrollar actividades correspondientes al trabajo reproductivo.

En los siglos XVIII y XIX, las mujeres llevaron a cabo actividades extradomésticas que combinaron con el trabajo doméstico (Scott, 1991), lo que propició a inicios del siglo XX la reclamación por la igualdad de derechos laborales en buena parte de Europa, con el objetivo de lograr el reconocimiento de la maternidad como un hecho relevante dentro del sostenimiento de la sociedad. A partir de allí, el devenir de las luchas sociales de las mujeres ha estado centrado en la igualdad y el reconocimiento de sus labores hasta la actualidad.

El papel que desempeñan las mujeres en la reproducción guarda una relevante relación con las oportunidades que tienen para la vinculación al mercado laboral formal, por cuenta del tiempo que es destinado a las actividades de trabajo reproductivo. Justamente esa relación entre el trabajo reproductivo y el trabajo productivo pone en el centro del análisis la necesidad de reproducir dos aspectos fundamentales para la preservación de las sociedades: los individuos y los elementos materiales para su supervivencia; ambos se incorporan dentro de un mismo sistema, que los relaciona de forma interdependiente y procura la sostenibilidad de la sociedad (Carrasco, 1992).

Este sistema se ha ido reconfigurando con las transformaciones que han experimentado la sociedad y los modelos de familia; se ha pasado del salario familiar y el modelo de familia nuclear a la optimización de trabajos en el hogar y una mayor vinculación de las mujeres al mercado laboral a partir de los años sesenta y setenta, lo que transformó su rol en la sociedad que era el de cuidadoras y amas de casa (Lefaucheur, 1993).

El papel de la mujer en la sociedad se asocia con la convergencia de la economía del cuidado en el marco de las relaciones sociales, económicas, políticas y culturales en las que se desenvuelven los seres humanos, precisamente en dos escenarios: el hogar propio y el mercado. En el hogar propio confluyen los miembros de la familia y se desarrolla el trabajo reproductivo donde el cuidado se encuentra implícito. Por su parte, en el mercado se realizan las actividades de la economía del cuidado para personas externas al hogar a través del trabajo doméstico asalariado, el voluntariado y el trabajo de cuidados remunerado. Este último incorpora profesiones de cuidado que toman en cuenta el trabajo reproductivo sin representar una relación personal, tales como la enfermería, la docencia, la medicina y la asistencia a población dependiente —adultos mayores, niños o personas con alguna limitación—.

En ese contexto, los cambios en las estructuras demográficas, económicas y sociales han aumentado el número de personas que se dedican al cuidado, dada la intensificación de estas actividades, tanto remuneradas como no remuneradas.

Es posible analizar el comportamiento de estas actividades desde la perspectiva región-sector, dadas las características propias que hacen diferenciable y particular a cada región; sin embargo, los avances en estos estudios son incipientes. Desde una visión estructuralista, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) ha orientado algunos estudios en Latinoamérica hacia la reflexión del cuidado, mediante la exploración de los avances y desafíos en el diseño e implementación de políticas públicas de cuidados en la región. No obstante, queda pendiente el abordaje económico regional en estos estudios.

Se resalta la pertinencia de los estudios regionales de la economía del cuidado toda vez que en México el trabajo doméstico, el trabajo del hogar y el trabajo reproductivo —donde yace la economía del cuidado— representan el 24.2 % del producto interno bruto, mientras que en Colombia la contribución es del 20.4 % y en Uruguay, del 22.9 % (Cepal, 2018), siendo inclusive mayor que la de otros sectores como el de la manufactura.

Asimismo, es preciso el análisis regional de la influencia que tienen los procesos económicos condensados en las regiones sobre la forma en la que se configuran las actividades de la economía del cuidado, por cuenta de la influencia que tienen las condiciones de vida de las mujeres como la ocupación, el ingreso, la natalidad o el estatus marital en el uso del tiempo y la dedicación a actividades del cuidado remunerada y no remunerada.

Metodología

Elementos teóricos y metodológicos de la región y la economía del cuidado

A partir de las aportaciones de los precursores teóricos que tuvieron en cuenta las condiciones endógenas para el análisis regional —como Von Thünen, Weber, Christaller, Lösch e Isard ampliamente descritas por Richardson (1986)—, se dio forma al concepto de región que ha evolucionado con la sociedad y sus procesos productivos. Ellos centraron sus análisis en los elementos internos de las regiones, la disponibilidad de factores productivos, los recursos naturales, los medios de comunicación y el transporte, así como en la interdependencia regional a través del estudio de la localización de actividades productivas, el uso del suelo y los lugares centrales.

Posteriormente, Perroux (1968) define y expone las características de los espacios económicos a partir del análisis que realiza de la utópica coincidencia de estos con los espacios políticos y humanos. Propone la extensión de la economía en la noción del espacio

superando los términos que lo decretan como un “contenedor” de actividades productivas, toda vez que los espacios económicos no se limitan a las fronteras establecidas por los territorios y resultan distintos de los espacios geonómicos al definirse por las relaciones económicas que existen entre los agentes económicos (Perroux, 1968).

El autor reduce los espacios económicos en tres categorías, de las cuales se destaca el espacio económico como campo de fuerza, que está conformado por centros —o polos— “desde los cuales emanan fuerzas centrífugas y hacia donde van las fuerzas centrípetas. (...) Atraen los elementos económicos, las ofertas y las demandas en su espacio de planificación o los elimina de allí” (Perroux, 1968, p. 12). Estos polos determinan el área de influencia económica y pueden estar o no vinculados con el área de influencia geográfica.

En esa misma línea, Boudeville (1968) complementa los aportes anteriores del análisis del espacio económico, al definirlo como un espacio técnico dentro de un espacio geográfico, con lo que incorpora el estudio regional con aspectos sectoriales. Distingue el espacio de la región económica en función de las restricciones de contigüidad entre los territorios; por tanto, la región económica es necesariamente contigua mientras que el espacio económico es discontinuo (Boudeville, 1968).

Este aporte, que considera elementos muy generales, es fundamental en la clasificación de los tipos de regiones o espacios económicos, con los que construye tres definiciones de región: una definición física de descripción simple; una definición formal de las relaciones que vinculan los elementos de un todo; una definición por el objetivo o plan específico que se persigue. En ese sentido, expone la región polarizada como “una determinación de las relaciones existentes entre los polos económicos en función de los flujos que los vinculan. Se basa en una noción dual, la de relación o conectividad y la de jerarquía” (Boudeville, 1968, p. 27).

A partir de allí, se entiende el espacio económico polarizado como el conjunto de unidades o polos económicos, en donde existe un polo de mayor jerarquía con el que los demás sostienen mayores intercambios y conexiones, a través de lo cual se manifiesta la conectividad y jerarquía; se distingue entre las regiones polarizadas de trabajadores, las de compradores y las de transacciones industriales y comerciales.

El aporte de los teóricos franceses pone en evidencia la crítica al equilibrio de mercado al considerar los polos económicos y sus fuerzas como elementos centrales de la configuración económica que explican las asimetrías en el crecimiento económico y el desarrollo de una región. Las interacciones económicas entre áreas agregadas a un espacio geográfico determinado constituyen un sistema caracterizado por su localización diferenciada, sistema que converge en la región polarizada o nodal.

En ese sentido, es preciso estudiar los fenómenos socioeconómicos que se desenvuelven en torno a la economía del cuidado y en dicha diversidad territorial, en virtud de que la actividad económica no se restringe a las fronteras político-administrativas

determinadas, sino que son rebasadas por la interacción de los individuos que responden a incentivos que no tienen limitaciones de espacio.

Para tal fin, el espacio se entiende como una dimensión o conjunto de magnitudes que propician la concentración económica (Perroux, 1968), con nodos dominantes que atraen los factores productivos y el capital; en consecuencia, se reconfiguran las actividades que realizan las mujeres en cada espacio. Es de esta manera que la regionalización, en el presente documento, se complementa con el aporte de Bassols (1992), quien destaca la región desde una consideración geográfica que, si bien no es suficiente para la comprensión de la dinámica económica en el espacio, contribuye al análisis.

Para Bassols (1992), la región es producto de la interacción naturaleza-sociedad, en la que el ser humano impacta por medio de las relaciones de producción sobre el espacio físico y las relaciones sociales, en virtud de que la región evidencia el desarrollo de los modos de producción inmersos en un territorio delimitado, que en ocasiones logra acoplar la región natural con la región económica. Por tanto, la región es una categoría racional que incorpora elementos naturales de un territorio, junto con la interrelación de estos aspectos y los seres humanos, a través de las actividades productivas que allí se desarrollan en medio de una estructura social.

Las actividades económicas se agrupan en nodos que concentran la producción y delimitan regiones especializadas en actividades productivas que se desprenden de la concentración de factores. En consecuencia, en este trabajo se adopta el criterio de región nodal caracterizado por la importante interacción social, política y económica con regiones contiguas, en medio de la concentración de capital (Ornelas, 2014, p. 24). Es decir, se trata de un conjunto heterogéneo donde las diferentes partes se complementan y mantienen entre ellas, especialmente con el polo que domina.

Así pues, la diferenciación regional de los aspectos sociales y económicos, aunada al análisis de las relaciones de los seres humanos con la naturaleza, contribuye a la caracterización del contexto territorial que “enmarca las relaciones y los procesos económicos y políticos en donde se desarrollan los espacios productivos en el tiempo” (Ornelas, 2014, p. 40).

Dada la interpretación teórica regional propuesta, se entiende por *economía del cuidado* todas aquellas actividades orientadas hacia la vinculación de las personas al trabajo productivo, junto con los elementos ideológicos y materiales que son fundamentales para el desarrollo de los seres humanos y sus capacidades. Dichas actividades pueden ser de carácter asalariado, cuando media la relación patrón-trabajador, o no asalariado cuando se desarrolla en el hogar propio o de manera voluntaria (De Luna, 2017, 2020; De Luna & Cruz, 2018; Cruz, 2020; Inegi, 2019; Rodríguez, 2008).

Precisamente, la economía del cuidado contiene un componente asistencial y uno de producción de servicios que satisfacen las necesidades de desarrollo humano, por lo que se toma como punto de partida el trabajo reproductivo para el análisis (Rodríguez, 2008),

por ser un concepto que en sí tiene implícita la reposición y producción de la fuerza de trabajo necesario para el funcionamiento del sistema económico y que les da sentido a las unidades, a los sectores económicos y a las regiones.

A partir del análisis de Rodríguez (2008), el trabajo reproductivo se divide en tres categorías (tareas del hogar, cuidado de los hijos o hijas y de otras personas dependientes, y trabajo emocional), donde una de ellas incorpora la economía del cuidado de manera implícita; para que esta se lleve a cabo es necesario que las otras dos estén satisfechas. Asimismo, se identifican las variables de ingreso, educación, estado civil y edad como determinantes en la división sexual del trabajo reproductivo. Estas actividades pueden darse en un contexto remunerado o no remunerado, dado que persisten tanto en el mercado como en el hogar propio.

Toma una connotación asalariada cuando media una relación empleador-trabajador y se reduce al hogar o al servicio comunitario; la asistencia a las personas es un elemento clave que coadyuva al bienestar, al desarrollo, a la reproducción y al mantenimiento de la mano de obra.

Recientemente, la implementación del modelo neoliberal ha implicado la mercantilización de las actividades del cuidado, dado que sujeta al mercado las relaciones de producción como medio para lograr el desarrollo y el aseguramiento del bienestar de la población. Este hecho ha coadyuvado a la configuración de la economía del cuidado remunerada en México, que se caracteriza por la precariedad laboral y mayor participación femenina en actividades como el trabajo doméstico pagado o la enfermería.

Modelo econométrico espacial

Se propone la implementación de técnicas y modelos de econometría espacial, dado el carácter espacial que implica el estudio regional. Cabe aclarar que estos modelos se utilizan como instrumental de apoyo de la investigación para establecer las correlaciones entre variables explicativas y dependientes, que emanan de la teoría y la conceptualización de región y de la economía del cuidado.

La econometría espacial resulta útil en este caso, toda vez que se incorporan variables vinculadas al espacio que presentan relaciones multidireccionales, es decir, dependencia espacial o autocorrelación espacial. Así “la colección de técnicas que tratan con las peculiaridades causadas por el espacio en el análisis estadístico de los modelos de la ciencia regional se consideran el dominio de la econometría espacial” (Anselin, como se citó en Pérez, 2006).

En primer lugar, se establecen las características socioeconómicas de cada región mediante el coeficiente de localización calculado a partir de la relación entre la participación de cada sector en la región y en el total nacional.

Al incorporar datos vinculados a condiciones geográficas, se presentan efectos espaciales que limitan a la econometría estándar e impiden su uso como herramienta de modelación (Acevedo & Velásquez, 2008). El primer efecto es la dependencia espacial que refiere al hecho de que una observación depende de observaciones asociadas con otras localizaciones distintas, dado que el espacio es un elemento estructural relevante en la forma en que se desenvuelven los seres humanos y las actividades económicas. En segundo lugar, se encuentra la autocorrelación espacial, que expone la similitud entre unos objetos o actividades localizados en una región y otros que se ubican en unidades geográficas contiguas.

Esta autocorrelación espacial —positiva o negativa— incorpora redundancia en los datos, dado que puede existir una relación directa entre los fenómenos observados en una región y los observados en su región más próxima, lo que afecta en los cálculos de los intervalos de confianza, con lo que se explica la limitación de los modelos de mínimos cuadrados ordinarios de la econometría convencional en el análisis regional por un error de especificación (Acevedo & Velásquez, 2008).

Dicha autocorrelación está dada en la variable dependiente, es decir, la variable dependiente observada en una región está correlacionada con esa misma observada en una región contigua, lo que se conoce como rezago espacial en la variable dependiente. Para identificar tal autocorrelación espacial se implementa la matriz de contigüidad, que es simétrica y representa la interrelación que tiene cada región con las demás (Acevedo & Velásquez, 2008).

Para efectos de esta investigación, la matriz a incorporar será la de notación binaria, donde 1 representa la vecindad espacial entre dos regiones y 0 la ausencia de la misma. Asimismo, se especifica que el criterio de cercanía entre regiones es el de la contigüidad tipo reina, de tal manera que se incluyan todas las regiones en el análisis. Este criterio es usado para regiones que comparten un lado en común o un vértice con sus regiones contiguas (Acevedo & Velásquez, 2008, p. 18).

La suma de cada fila debe ser igual a 1, de manera tal que las relaciones de vecindad entre una región y otra tendrán un peso dentro de la matriz. Esto es, si la región A es contigua con la región B y la región C, entonces tanto B como C tendrán un peso de 0.5 dentro de la fila correspondiente a la región A.

A partir de la matriz de contigüidad se calcula el índice de Moran, que coadyuva al diagnóstico de la autocorrelación espacial, de forma que se establece la correlación de la variable dependiente observada en una región con sus regiones vecinas.

En términos prácticos, el índice de Moran refiere la existencia de asociaciones espaciales: si el valor del índice es positivo y cercano a 1, existe correlación entre las observaciones de la variable dependiente de una región y las de la misma variable en regiones vecinas; en el caso de que el valor se acerque a -1 existe independencia entre las observaciones.

La implementación de este índice es fundamental en la investigación debido a que las actividades de la economía del cuidado pueden estar relacionadas con las de regiones contiguas; por tanto, resulta útil identificar el grado de autocorrelación en el modelo y evitar así que pierda rigor científico.

En ese contexto, para el estudio regional de los determinantes que influyen en la configuración de la economía del cuidado en la región centro-norte de México, se hace uso de modelos de rezago espacial de dependencia sustantiva (LAG) —mixto, regresivo-autorregresivo espacial de primer orden— que se expresa de la forma expuesta en la ecuación 1.

Ecuación 1. Estructura del modelo LAG

$$Y = pW_y + X\beta + u$$

Fuente: elaboración propia adaptada de Pérez, 2006, p. 146.

Donde y es el vector de variables, W_y es el retardo espacial de la variable dependiente, X es la matriz de variables exógenas —explicativas—, u es el término error, W es la matriz de pesos espaciales y p es el parámetro espacial autorregresivo (Pérez, 2006, p. 146).

Para estimar este modelo de dependencia sustantiva se utiliza el método de máxima verosimilitud, en el que los estimadores se obtendrán a partir del logaritmo de la función de verosimilitud asociada al modelo especificado (Pérez, 2006, p. 152). En este modelo, hipótesis nula H_0 = independencia de variables; hipótesis alternativa, H_1 = dependencia de variables.

Las variables contempladas en esta investigación se orientan a corroborar la hipótesis que se formula como respuesta a la pregunta de investigación, a través del modelo de econometría espacial. Estas se dividen en explicativa o exógena y dependientes o endógenas, para el cuidado no asalariado del hogar propio y el asalariado. Tanto las variables explicativas como la dependiente son tomadas para 157 municipios de la región centro-norte de México en el año 2010.

La variable dependiente corresponde al porcentaje de mujeres dedicado a las actividades del cuidado no remunerado como proporción de la población económicamente activa de mujeres; por su parte, las variables explicativas corresponden al nivel educativo, el estado civil, el índice de localización, el ingreso, el índice de marginación, el índice de marginación y la tasa de ocupación.

Resultados y discusión

Los patrones de distribución desigual de las actividades productivas en este territorio responden a la heterogeneidad del espacio natural y económico, a partir de lo cual se establecen las condiciones para el patrón espacial de crecimiento económico y el desarrollo, determinado por un centro y una periferia (Alvarez & Zafra, 2014). Las características naturales del área objeto de estudio constituyen un elemento fundamental también para la caracterización económica, dado que es fuente de información fundamental en la comprensión del asentamiento de poblaciones en los territorios; por ende, se exponen las características de localización, colindancia, clima, fisiografía, orografía y uso del suelo de la región centro-norte.

La región está compuesta por los estados de Aguascalientes, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas (mapa 1). Se encuentra localizada, al norte, entre las coordenadas geográficas 102° 26' 55.6" O, 25° 6' 5.21" N; al occidente, 98° 20' 46.44" O, 22° 14' 14.02" N; al sur, 100° 45' 49.36" O, 19° 55' 11.61" N; al oriente, 103° 41' 50.91" O, 21° 16' 58.42" N (Inegi, 2018a, 2018b). Este territorio representa el 8.8 % de la superficie total del país (175 044 km²), en donde Aguascalientes representa el 0.3 %; Zacatecas, el 3.8 %; San Luis Potosí, el 3.1 %, y Guanajuato, el 1.6 % (Inegi, 2018a, 2018b).

Mapa 1. Delimitación del área de estudio



Fuente: elaboración propia con datos del Inegi (2018a, 2018b).

La región se localiza estratégicamente entre los principales centros poblacionales y económicos del país, ubicados en Guadalajara, Monterrey y la Ciudad de México, lo que abre las posibilidades de interacciones económicas favorables para la región con sus estados vecinos.

Cada estado de la región cuenta con diferentes elevaciones que se caracterizan por la heterogeneidad de las altitudes y dan lugar a la configuración fisiográfica particular de la zona. La disponibilidad de agua es fundamental para llevar a cabo las actividades productivas, y está directamente relacionada con las características fisiográficas, ya que los sistemas montañosos favorecen la irrigación de los cuerpos de agua que aprovisionan los asentamientos.

La población ha crecido, desde 1980, en poco más de 1.2 millones de personas cada 10 años, de acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2019); se destaca la mayor concentración de actividades productivas en el sector manufacturero, de comercio al por mayor y al por menor. Establecer la conexión entre las características de la población, la forma como se organizan y distribuyen a lo largo de la región, aunado a la caracterización de la actividad económica, permite desvelar las interrelaciones dadas en la región que dan forma a las actividades de la economía del cuidado.

En consecuencia, es importante considerar las localidades urbanas y rurales, la población ocupada, la red de carreteras, la distribución de las principales actividades económicas y la concentración de unidades económicas. En la región se ubican nueve zonas metropolitanas distribuidas en los cuatro estados de manera heterogénea: en el estado de Guanajuato se ubican León, San Francisco del Rincón, Celaya, Moroleón (Uriangato y La Piedad) y Pénjamo; en el estado de San Luis Potosí se ubican San Luis Potosí (Soledad de Graciano Sánchez y Rioverde) y Ciudad Fernández; en el estado de Aguascalientes, se ubica Aguascalientes, y en el estado de Zacatecas, Zacatecas-Guadalupe.

Justamente en este análisis se proponen las zonas metropolitanas de la región centro-norte como polos de atracción del capital, de las actividades productivas y de la mano de obra. Se propone también el análisis de las interacciones de variables socioeconómicas como la localización de actividades productivas, el nivel de ingresos, el nivel educativo, la tasa de natalidad, el estado civil, la tasa de ocupación, la marginación y la migración interna como variables explicativas de la configuración de las actividades de la economía del cuidado en la región.

Se sugiere considerar las relaciones entre nodos, del nodo dominante con los demás nodos y de los nodos con las áreas de influencia, es decir, con los demás municipios de la región que no constituyen una zona metropolitana, con el fin de identificar las actividades de la economía del cuidado como resultado de la interacción de las variables previamente enunciadas.

En ese sentido, y de acuerdo con los resultados del modelo para el año 2010, el valor del índice de Morán (0.123) sugiere un grado de autocorrelación relevante que se valida con la simulación de Montecarlo y las pruebas de significancia, las cuales confirman los patrones de distribución espacial de las actividades correspondientes a la economía del cuidado no remunerada en la región. La concentración espacial de un alto número de mujeres dedicadas a estas actividades se presentaba en los municipios de Mezquital del Oro, Teúl de González Ortega y Genaro Codina; mientras que la concentración espacial del menor porcentaje de mujeres en estas actividades estaba en los municipios de Salamanca, Valle de Santiago, San Francisco del Rincón, Santa María del Río, Villa de Arriaga y Saín Alto.

El efecto espacial se evidencia en la concentración de las actividades del cuidado no remuneradas a través de la influencia en el crecimiento de la proporción de mujeres que realizan estas labores en el 0.05 % en los municipios de Mezquital del Oro, Teúl de González Ortega y Genaro Codina en caso de que aumentara en el 1 % este mismo porcentaje en los municipios vecinos.

Por su parte, el ingreso presentaba una correlación negativa con la variable dependiente toda vez que un incremento en el nivel de ingreso podría disminuir en un 0.13 % la proporción de mujeres en el trabajo no remunerado. Como ha sido común en los años anteriores, la educación refleja correlación negativa con la población en estas actividades por cuenta de la posibilidad de acceder a nuevas oportunidades de empleo y por el uso del tiempo que esto supone.

En cuanto a la tasa de ocupación, se observa que por cada punto porcentual que aumente, el porcentaje de mujeres en estas actividades disminuye cerca del 0.008 %; no obstante, debe considerarse la doble presencia de las mujeres en las actividades productivas y reproductivas como elemento relevante en el análisis.

En el 2010, se observaba la relación positiva de la migración interna con la variable dependiente particularmente porque en esa década se registraron movimientos migratorios relevantes, lo que permitió reconfigurar los patrones demográficos en la región; específicamente, la migración coadyuva en la distribución sexual del trabajo reproductivo, especialmente en los territorios rurales que desde la década de los ochenta habían sufrido transformaciones.

El comportamiento del índice de localización reafirma lo anterior y da cuenta de la relación negativa entre la especialización productiva y la proporción de mujeres que desempeñaban actividades del cuidado no remuneradas en 2010. La concentración de actividades productivas en los polos de la región nodal coadyuvó en la migración y en la configuración de las actividades de la economía del cuidado en la región.

Por su parte, la tasa de marginación, que se relacionaba de forma positiva con la proporción de mujeres en estas actividades, da cuenta de la influencia que tenían los

contextos sociales y de precariedad en la asignación de tareas del trabajo doméstico en la región para 2010.

Conclusiones

Si bien las actividades de la economía del cuidado presentan altas tasas de feminización, tanto en lo remunerado como en lo no remunerado, esta situación se presenta no solo por la asignación social y biológica que se les ha otorgado a las mujeres de cuidadoras por el hecho de ser mujer, sino por la influencia de otras variables económicas que determinan la participación de hombres y mujeres en estas actividades.

El análisis desde una perspectiva regional se hace necesario bajo una mirada teórico-metodológica que aborde la dimensión espacial como factor determinante en la concentración de las actividades productivas, el capital y la mano de obra. En consecuencia, el análisis permite observar la dinámica intrarregional que establece nodos funcionando como polos de atracción y otros que actúan como áreas de influencia en la región centro-norte de México, es decir, existe movilidad interna de factores que favorece dicha concentración.

Asimismo, esta focalización configura la forma en la que se dan las actividades de la economía del cuidado, toda vez que resulta determinante en los ingresos, el uso del tiempo, la calidad del empleo, el nivel educativo y la distribución de actividades entre hombres y mujeres. De esta manera, los modelos de econometría espacial permiten establecer la relación entre variables que influyen en la cantidad de tiempo que dedican hombres y mujeres a estas actividades, asociado a las relaciones espaciales que en las regiones se constituyen.

La condición propia de la estructura familiar es una variable que coadyuva en la explicación de las diferencias regionales de la economía del cuidado, en virtud de su relevante influencia en la cantidad de trabajo reproductivo no remunerado que proveen las mujeres casadas y en unión libre para el hogar propio, en la atención de los miembros dependientes de cuidado y de todos en general.

En la región se observa la relación positiva entre el porcentaje de mujeres en este estatus marital y la proporción de mujeres que realizan actividades de la economía del cuidado no remunerada en 2010. En esa misma línea, la tasa natalidad guarda relación con la mayor cantidad de mujeres dedicadas a estas actividades, precisamente por las necesidades de cuidado que se presentan en el hogar propio por parte de los niños en la primera infancia.

Es preciso realizar estudios posteriores que vinculen algunas otras variables de carácter cualitativo a este tipo de modelos, dado que se desconoce la influencia que tienen

variables culturales, religiosas y de usos y costumbres sobre la manera en la que las actividades de la economía del cuidado se desarrollan a nivel regional.

Referencias

- Acevedo, I. & Velásquez, E. (2008). Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales. *Ecos de Economía*, 12(27), 9-34. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/view/705>
- Alvarez, N. & Zafra, K. (2014). Región Norte. *INAE V*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bassols, Á. (1992). *México: formación de regiones económicas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Boudeville, J. (1968). *L'espace et les pôles de croissance*. Presses Universitaires de France.
- Carrasco, C. (1992). El trabajo de las mujeres: producción y reproducción. *Cuadernos de Economía*, 20, 95-109. <http://hdl.handle.net/10486/5639>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *Los cuidados en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44361-cuidados-america-latina-caribe-textos-seleccionados-2007-2018>
- Cruz, M. (2020, noviembre). *El trabajo de cuidados durante la pandemia del COVID-19 en México-Colombia: en el distanciamiento, con proximidad y contacto* [ponencia]. X Congreso en Desarrollo Económico y Calidad de Vida, Bogotá, Colombia.
- De Luna, H. (2017). *De la lumbre al fogón*. Fontamara.
- (2020, noviembre). *Las actividades reproductivas de las mujeres rurales mexicanas durante la pandemia del COVID-19: entre el fogón y la televisión* [ponencia]. X Congreso en Desarrollo Económico y Calidad de Vida. Bogotá, Colombia.
- De Luna, H. & Cruz, M. (2018). *Las transferencias de las mujeres campesinas de Zacatecas al sistema económico*. Colofón.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018a). Aspectos geográficos Guanajuato. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- (2018b). Aspectos geográficos Zacatecas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- (2019). Encuesta nacional de uso del tiempo. Diseño conceptual. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Lefaucheur, N. (1993). Maternidad, familia, Estado. En G. Duby & M. Perrot (Eds.), *Historia de las mujeres: el siglo XX* (vol. 5, pp. 479-505). Taurus.
- Ornelas, J. (2014). Algunos aspectos teóricos del análisis regional. En C. Hernández, C. Isabel & J. Ornelas (Eds.), *Teorías y técnicas para el análisis regional* (pp. 17-52). EyC.

- Pérez, J. (2006). Econometría espacial y ciencia regional. *Investigación económica*, 65(258), 129-160. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v65n258/0185-1667-ineco-65-258-00129.pdf>
- Perroux, F. (1968). Les espaces économiques. En J. Boudeville, *L'espace et les pôles de croissance* (pp. 5-22). Presses Universitaires de France.
- Richardson, H. (1986). *Economía regional y urbana*. Alianza.
- Rodríguez, M. (2008). La distribución sexual del trabajo reproductivo. *Acciones e Investigaciones Sociales*, (26), 61-90. https://doi.org/10.26754/ojs_ais/ais.200826334
- Rubin, G. (1986). El tráfico de las mujeres: notas sobre la “economía política” del sexo. *Revista Nueva Antropología*, 8(30), 95-145.
- Scott, J. (1991). La mujer trabajadora en el siglo XIX. En G. Duby & M. Perrot (Eds.), *Historia de las mujeres: el siglo XIX* (vol. 4, pp. 428-461). Taurus.



La mujer rural en la manufactura mexicana

Un análisis de la precariedad laboral (2005-2020)

Edgar Darío ARTEAGA GAYTÁN*

Resumen

Las actividades manufactureras son captadoras de la mano de obra de mujeres de origen rural expulsada por el sector primario. Por lo tanto, es pertinente analizar las situaciones en las que dicha fuerza laboral se encuentra ocupada dentro de la industria transformadora —también conocida como industria reproductora o industria ligera— mediante el uso de la teoría de la segmentación del mercado de trabajo y una investigación cuantitativa de corte longitudinal y enfoque descriptivo basada en la recolección de datos e información estadística de fuentes oficiales. El estudio de variables como los días trabajados, la duración de la jornada de trabajo, los grupos de ocupación, el nivel de ingresos, las condiciones de acceso a las instituciones de salud otorgadas por los empleadores y la posición en la ocupación de las trabajadoras provenientes de localidades con población menor a los 2 500 habitantes en la industria de la manufactura en México (2005-2020) revela que esta fuerza de trabajo se encuentra ocupada bajo condiciones de precariedad laboral.

Palabras clave: mujer rural, manufactura, segmentación laboral, precariedad laboral.

Introducción

En el periodo 2005-2020, las mujeres de origen rural representaron en promedio al 7.04 % de la población ocupada en la industria manufacturera, así como al 3.02 % del total de la población femenina ocupada, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2020). Estas cifras parecieran no ser significativas dentro del total; no obstante, el panorama cambia cuando se considera que, en promedio, el 46.40 % de la población rural ocupada en la manufactura son mujeres y el 19.57 % de las mujeres rurales trabajadoras se encuentra en esta rama del sector secundario, es decir, casi la mitad de la fuerza de trabajo de origen rural que desempeña sus labores en este sector económico son mujeres. En términos prácticos, 2 de cada 10 mujeres rurales trabajadoras se dedican a la industria reproductora. Es así como se pone de relieve la importancia que tiene esta actividad para las mujeres provenientes de localidades con población menor a los 2 500 habitantes.

Desde los años setenta ya se había observado un patrón de incorporación laboral femenina rural a la manufactura por medio de la figura del trabajo a domicilio (Arias, 1988). Esta modalidad permitía reducir los costos con prácticas como el pago a destajo, clandestinidad de la actividad maquiladora, ausencia de sindicalización en virtud de que las trabajadoras no se conocían ni sabían cuántas eran, entre otras.

Posteriormente, con la apertura comercial de los años noventa se tuvo la confianza de que se apoyaría en el largo plazo a la manufactura y a sus capacidades de generación de empleos y mejoras de los ya existentes (Carbajal & Almonte, 2017), y sus beneficios se trasladarían a todos los trabajadores por igual. Ahora bien, la visión capitalista reforzada por el modelo neoliberal se basó en la discriminación del salario directo e indirecto hacia la población marginada o segregada que era juzgada *per se* como menos preparada (Meillassoux, 2009). Lo anterior profundizó el escenario de desigualdad en el mercado laboral —que ya se encontraba segmentado debido a la discriminación por género (Barón, 1995)— al añadir distinciones basadas en el origen y otros valores subjetivos.

Bajo esa tesitura, la inserción laboral de las mujeres rurales a la industria manufacturera se ha dado en situaciones desventajosas: jornadas extensas, bajos salarios, ausencia de prestaciones y pocas oportunidades de ascenso; circunstancias que persisten en la actualidad y cuyo conocimiento es trascendental para comprender la coyuntura profesional femenina en México.

En vista de ello, este trabajo se propone analizar las condiciones bajo las cuales la fuerza de trabajo femenina rural se encuentra ocupada dentro de la industria manufacturera en México durante el periodo 2005-2020. El objetivo es demostrar sus condiciones de

precariedad laboral, definida esta de acuerdo con el Glosario de términos laborales de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (s.f.), que considera por empleo precario a todo aquel que reúne una o más de las siguientes características:

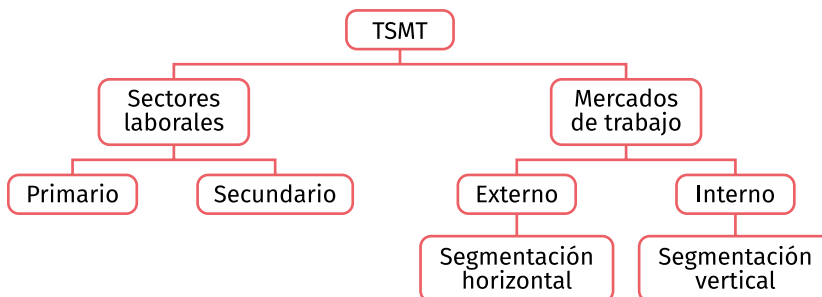
carece de prestaciones; se rige únicamente por un contrato verbal; su jornada laboral rebasa los horarios máximos establecidos por la legislación correspondiente; no percibe remuneración alguna o esta es inferior al monto equivalente de dos salarios mínimos vigentes en la zona y fecha en que se levante la encuesta respectiva.

Este documento se encuentra dividido en dos apartados, además de la introducción y las conclusiones: el marco teórico-metodológico, en el que se aborda la teoría y el método utilizado, los sujetos de estudio, las fuentes de información y las variables examinadas; y los resultados de la indagación descriptiva llevada a cabo y su discusión con base en el enfoque teórico elegido y la revisión de la literatura.

Marco teórico-metodológico

Se usa la teoría de la segmentación del mercado de trabajo, caracterizada por rechazar la existencia de un mercado homogéneo de trabajo (Valdivia & Pedrero, 2011) que, por un lado, distingue dos sectores: uno, denominado primario, donde se ofertan los trabajos con posibilidades de ascenso, seguridad social, salarios dignos y estabilidad; y otro, denominado secundario, caracterizado por la ausencia de prestaciones, presencia de condiciones de trabajo precarias y salarios bajos (Fernández-Huerga, 2010; Janssen, 2005).

Por otro lado, se distinguen dos tipos de mercado laboral: uno externo, regido por una segmentación horizontal —los trabajos a los que puede acceder determinada población conforme a sus rasgos y particularidades socioculturales, demográficas y económicas—; y un mercado de trabajo interno —cuyas pautas son impuestas por una segmentación vertical que restringe o promueve el ascenso dentro de la empresa con arreglo a la formación continua o las capacidades que muestre el trabajador por separado (Fernández-Huerga, 2010; Janssen, 2005; Macías, como se citó en Botey & Suárez, 1996; Valdivia & Pedrero, 2011)—.

Figura 1. Teoría de la segmentación del mercado de trabajo

Fuente: elaboración propia con base en Janssen (2005) y Fernández-Huerga (2010).

Al uso de la teoría se le añade una metodología cuantitativa de corte longitudinal y enfoque descriptivo, basada en la recolección de datos e información estadística contenida en la *Encuesta nacional de ocupación y empleo* del Inegi (2021), perteneciente al primer trimestre de cada año dentro del periodo 2005-2020 y relacionada con las mujeres que habiten localidades menores a los 2 500 habitantes y que se encuentren ocupadas en la industria manufacturera.

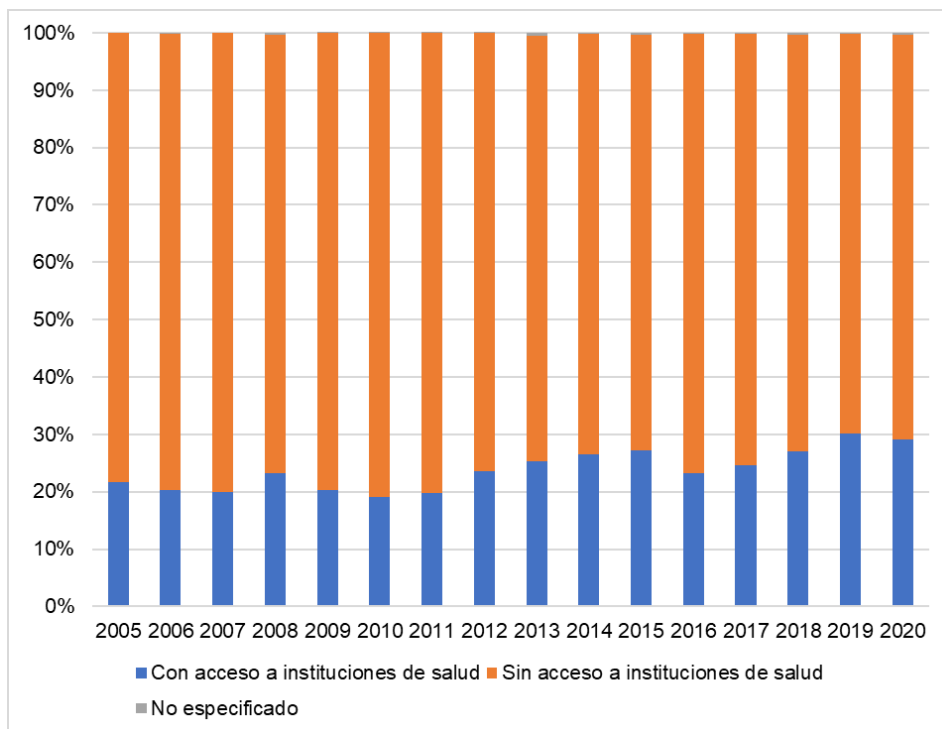
Para el estudio se analizan las siguientes variables: el acceso al derecho a la salud, el nivel de ingreso en salarios mínimos mensuales, los grupos y posición en la ocupación, y la jornada de trabajo medida en días y horas trabajados por semana. Esto tiene el fin de puntualizar el escenario de precariedad en el cual está ocupada la mujer rural.

Resultados y discusión

La política económica vigente ha significado la reducción de instituciones de seguridad social y las principales afectadas han sido las mujeres (De Luna, 2017), ya que la invisibilización de sus contribuciones al sistema económico tiene como telón de fondo el hecho de que no existe un pago, ni por parte de ellas ni por ningún otro actor, de las aportaciones correspondientes ni mucho menos son beneficiarias de este derecho (Massot; Merino; Millán; Muñiz; Quintanilla, citados en Martínez et al., 2009); en añadidura, Pedraza (2012) reconoce que una de las características básicas de la informalidad es la ausencia de la previsión social.

La seguridad social abarca distintas coberturas de las que su expresión mínima es el acceso a las instituciones de salud; en este rubro, al observar la gráfica 1 queda en evidencia la carencia de este derecho fundamental en la mayoría de las trabajadoras rurales de la manufactura.

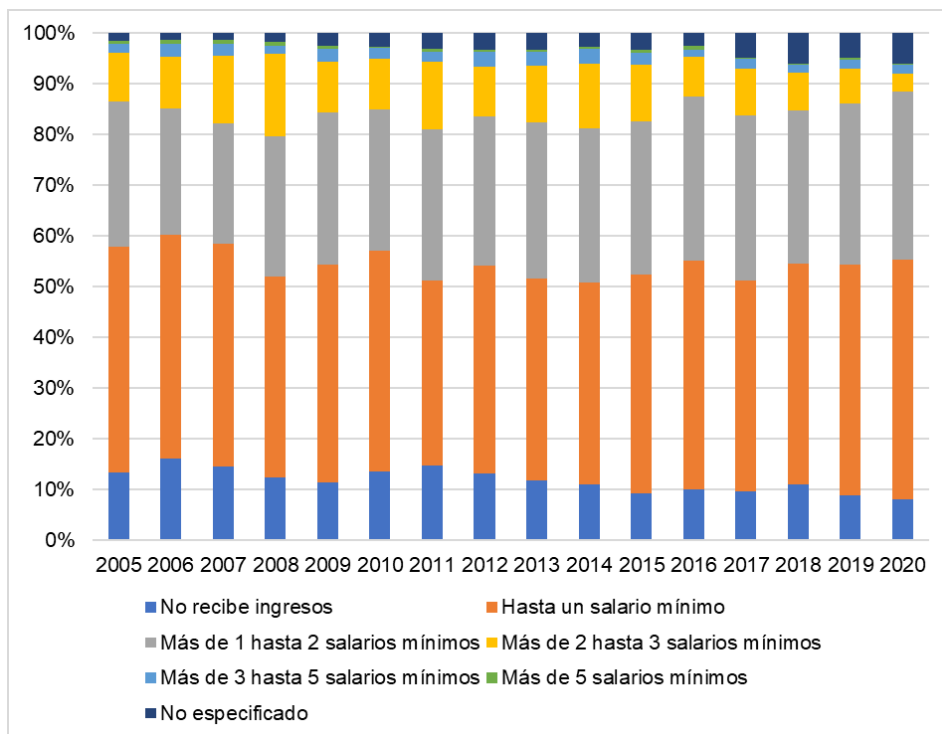
Gráfica 1. Condición de acceso a las instituciones de salud de las mujeres rurales ocupadas en la manufactura, 2005-2020 (primer trimestre de cada año)



Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2020).

En promedio, durante el periodo 2005-2020, solo el 23.80 % de las trabajadoras contó con acceso a las instituciones de salud, pese a que son ellas quienes mayor necesidad de servicio requieren (Moctezuma, Narro & Orozco, 2014). Existe una posibilidad remota de que la insuficiencia o la inexistencia del derecho laboral a las prestaciones sociales sea compensado por un salario alto; sin embargo, lo anterior no es aplicable en este caso debido a que las cifras arrojan que los niveles salariales son precarios de acuerdo con los parámetros de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (s.f.): una media del 83.99 % de las ocupadas percibieron hasta dos salarios mínimos en el periodo estudiado (gráfica 2).

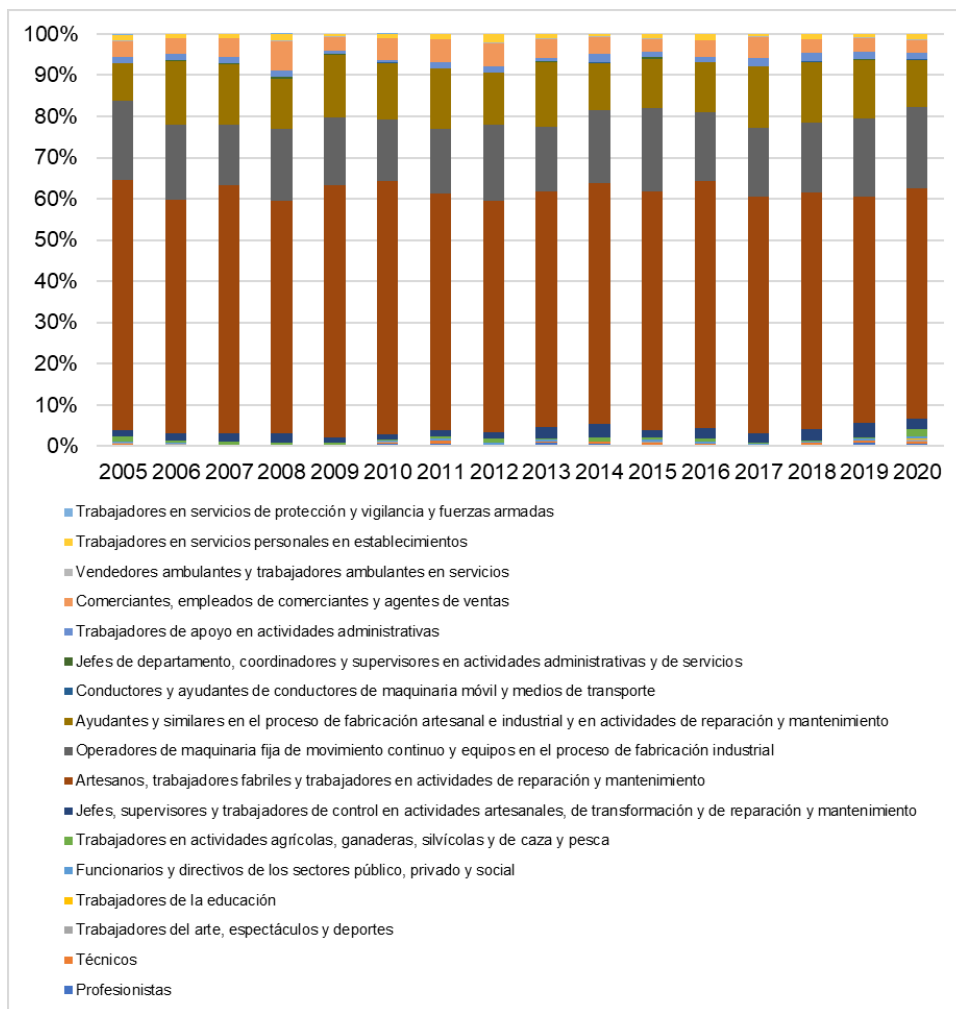
Gráfica 2. Niveles de ingreso de las mujeres rurales ocupadas en la manufactura, 2005-2020 (primer trimestre de cada año)



Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2020).

Obsérvese en la gráfica 2 que el nivel mayor a los cinco salarios mínimos apenas se distingue a causa del pequeño porcentaje que representa —0.51 % en promedio—. Preibisch (1998) sostiene que la mano de obra de mujeres resulta atractiva debido a que su estado de sumisión se traduce en sueldos inferiores. Este elemento es mencionado también por De Luna (2017), quien señala que la docilidad de la mujer ante el maltrato o las remuneraciones exiguas son aspectos de peso a la hora de la contratación por parte de los empleadores. Tal aspecto ha sido abordado de forma similar por Martínez et al. (2009), quienes asumen que la propia mentalidad de los patrones es lo que limita a las mujeres. Esta restricción en los salarios se refleja, bajo otra dimensión, en los grupos de ocupación en los que se distribuyen las trabajadoras rurales de la manufactura (gráfica 3).

Gráfica 3. Grupos de ocupación de las mujeres rurales ocupadas en la manufactura, 2005-2020 (primer trimestre de cada año)



Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2020).

Debido a la naturaleza de las ocupaciones “artesanos, trabajadores fabriles y trabajadores en actividades de reparación y mantenimiento”; “operadores de maquinaria fija de movimiento continuo y equipos en el proceso de fabricación industrial”, y “ayudantes y similares en el proceso de fabricación artesanal e industrial y en actividades de reparación

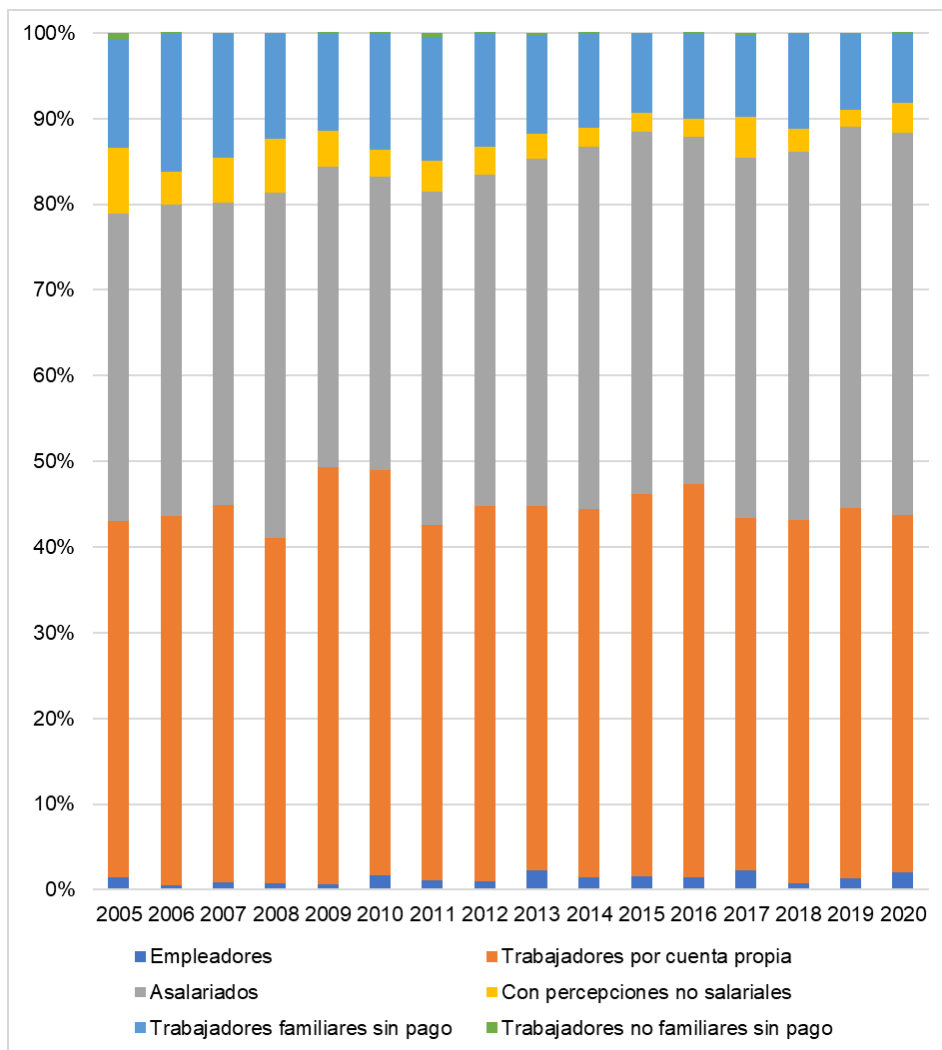
y mantenimiento”, es pertinente contemplar como *obreras* a las mujeres que se encuentran en alguna de estas tres categorías —en promedio el 88.84 % del total durante el periodo revisado—; por otra parte, solo una media del 0.30 % eran directivas, un 0.41 % eran técnicas y, por último, un 0.30 % eran profesionistas.

El hecho mencionado en el párrafo anterior es importante, ya que Zabludovsky (2015) en su estudio atribuye esta situación a una *decisión consciente o inconsciente* de las propias mujeres que consideran que los altos cargos no son una opción viable para ellas, lo que las lleva a restringir sus deseos de crecimiento profesional, autolimitándose a los escalafones más bajos de la jerarquía empresarial.

Con todo, Zabludovsky (2015) pasa por alto dos situaciones: una general que gira en torno a los juicios y estereotipos subjetivos sobre las funciones asignadas a cada sexo, que se han convertido en normal social, de forma que adquiere la magnitud suficiente para influenciar el pensamiento colectivo y, en último término, individual; y una situación específica basada en que el abordaje holístico de la condición laboral femenina omite la heterogeneidad del ámbito rural y urbano. La diferencia entre determinantes del empleo femenino como la edad, el estado civil, el nivel educativo, el número de hijos, entre otros, y la figura del trabajo reproductivo con dimensiones distintas en función de los *usos y costumbres* torna el factor de la invisibilidad y la complementariedad del trabajo de las mujeres en un cuadro de sobreutilización en sí mismo.

Para ilustrar lo previo, en la gráfica 4 se evidencia la figura de la complementariedad en el caso de las trabajadoras familiares sin pago y las trabajadoras por cuenta propia; este último tipo reviste especial importancia en el caso rural y en la manufactura al recordar el trabajo a domicilio, en el que a las empleadas, al ser remuneradas de acuerdo con la cantidad de trabajo por unidad que produzcan —pago a destajo—, no se les tiene en cuenta de manera formal como asalariadas.

Gráfica 4. Posición de las mujeres rurales ocupadas en la manufactura, 2005-2020 (primer trimestre de cada año)



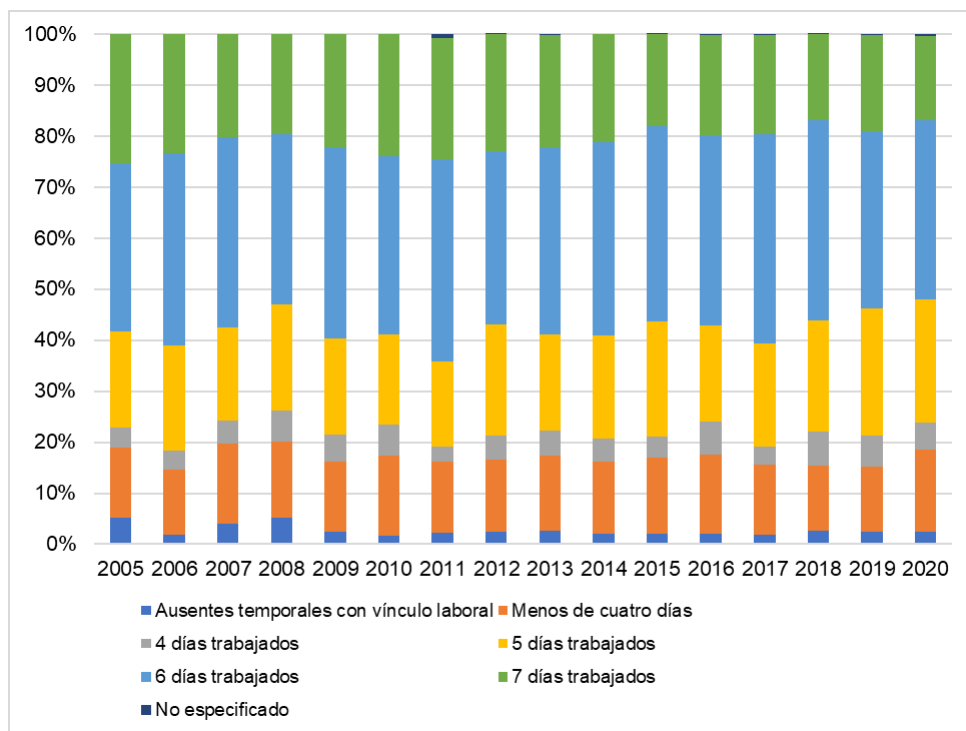
Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2020).

Solo una media del 39.65 % de las mujeres eran asalariadas y un porcentaje ínfimo eran empleadoras (1.32 %); como puede verse, las trabajadoras sin pago, en total, fueron un 15.62 % en promedio durante el periodo revisado, lo que supone una perpetuación de

la idea de que el trabajo femenino es una *ayuda*, que invisibiliza las actividades de la mujer rural vinculándolas a sus obligaciones dentro del rol doméstico (Arias, 1997).

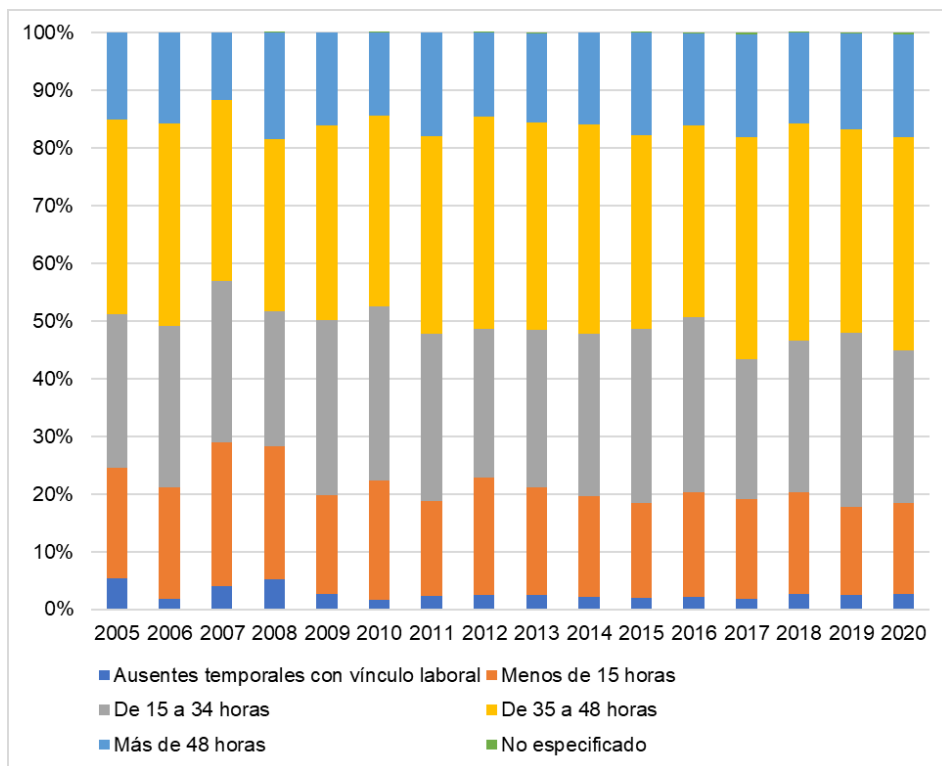
Zabludovsky (2015) menciona la existencia de una estrecha relación entre el rango en la ocupación, el sexo y la jornada laboral que afecta de manera negativa a la fuerza laboral menos preparada, dentro de la cual se considera a las mujeres rurales debido a su origen y a la división sexual, como ya se ha mencionado. De acuerdo con esto, la jornada laboral de las trabajadoras de origen rural es extensa al estar inversamente vinculada con su preparación, en añadidura al factor de la discriminación por género (gráficas 5 y 6).

Gráfica 5. Días trabajados a la semana por las mujeres rurales ocupadas en la manufactura, 2005-2020 (primer trimestre de cada año)



Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2020).

Gráfica 6. Horas trabajadas a la semana por las mujeres rurales ocupadas en la manufactura, 2005-2020 (primer trimestre de cada año)



Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2020).

Las gráficas 5 y 6 deben analizarse juntas para comprender la explotación femenina rural en la manufactura: si se tiene como normal una jornada laboral de cinco días por semana con dos de descanso, entonces un promedio del 57.61 % de las trabajadoras excedieron esa jornada; si se le suman aquellas que trabajan los cinco días, el porcentaje se incrementa al 77.91 %. En cuanto a las horas por semana se contempla la jornada de cinco días por semana y ocho horas diarias; en tal caso, el 50.77 % de las mujeres fluctuó entre la jornada de 40 horas semanales o más.

En ambos casos, ya sean días y horas, más de la mitad rebasaron los tiempos considerados como *normales* o *estándar*. Esta situación es especialmente delicada en las mujeres al verse sometidas a una doble jornada que involucra a sus tareas productivas y que, al finalizar estas y regresar a su hogar, deben continuar con su rol reproductivo, lo cual a la larga trae consecuencias negativas para su salud (De Luna, 2017).

Conclusiones

Se confirma que las mujeres rurales dentro de la manufactura en México, en pleno siglo XXI, enfrentan varios elementos de la precariedad laboral según la definición del *Glosario de términos laborales* de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (s.f.): sin prestaciones, jornadas laborales excesivas y remuneraciones insuficientes o incluso inexistentes en algunos casos. Asimismo, se encuentra ocupada dentro del sector laboral secundario: trabajos básicos y que requieren de poca cualificación en los que la mano de obra contratada tiene una alta rotación, producto de la falta de estabilidad, de contrato y de prestaciones; en consecuencia, esta es prescindible sin importar el momento.


Por otra parte, la restricción del acceso a los puestos superiores y las condiciones de precariedad laboral ya expuestas confirman una profunda segmentación de corte vertical en el mercado interno de trabajo que limita el ascenso dentro de las empresas.

Esta circunstancia no solo las afecta negativamente al intensificar la desigualdad de género, sino que representa una perpetuidad de la marginación y la pobreza presentes en las zonas rurales del país y que, en adición, se trata de una problemática poco abordada que requiere de una mayor apertura tanto intelectual como social que visibilice la importancia del trabajo femenino bajo un enfoque que diferencie los ámbitos urbano y rural, y comprenda las particularidades y las líneas de acción que requiere cada uno.

Referencias

- Arias, P. (1988). El empleo a domicilio en el medio rural: la nueva manufactura. *Estudios Sociológicos*, 6(18), 535-552.
- (1997). Tres microhistorias del trabajo femenino en el campo. *Estudios Sociológicos*, 15(43), 213-237. <https://estudiossociologicos.colmex.mx/index.php/es/article/view/878/878>
- Barón, M. (1995). Jornaleras: apertura y transformaciones del mercado de trabajo femenino en Zamora (1980-1989). En S. González & V. Salles (coords.), *Relaciones de género y transformaciones agrarias: estudios sobre el campo mexicano* (pp. 187-220). El Colegio de México. <https://doi.org/10.2307/j.ctv512zmd.10>
- Botey, C. & Suárez, B. (1996). Condiciones laborales de la mujer rural. *Estudios Agrarios*, 2(2), 104-111.
- Carbajal, Y. & Almonte, L. (2017). Empleo manufacturero en la región centro de México. Una estimación por gran división. *Contaduría y Administración*, 62(3), 880-901. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2017.04.004>

- Fernández-Huerta, E. (2010). La teoría de la segmentación del mercado de trabajo: enfoques, situación actual y perspectivas del futuro. *Investigación Económica*, 69(273), 115-150. <http://scielo.org.mx/pdf/ineco/v69n273/v69n273a4.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad. <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/#>
- Janssen, E. (2005). Concentración y segmentación de los mercados laborales en el México urbano. Un análisis por género. *Papeles de Población*, 11(46), 45-78. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11204603>
- De Luna, H. (2017). *De la lumbre al fogón. La campesina de Zacatecas en el neoliberalismo*. Fontamara.
- Martínez, I., Navarro, M., Martí, A. & De Miguel, M. (2009). El papel de la mujer, clave para un desarrollo rural sostenible. En J. Aznar, A. Martí, M. Navarro & A. Téllez (coords.), *Desarrollo y trabajo de las mujeres en el medio rural* (pp. 13-51). Icaria.
- Meillassoux, C. (2009). *Mujeres, graneros y capitales*. Siglo XXI.
- Moctezuma, D., Narro, J. & Orozco, L. (2014). La mujer en México: inequidad, pobreza y violencia. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales, Nueva Época*, 59(220), 117-146. [http://dx.doi.org/10.1016/S0185-1918\(14\)70803-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0185-1918(14)70803-7)
- Pedraza, A. (2012). Exclusión social y empleo: ¿qué ocurre cuando hay segmentación laboral? *Sociedad y Economía*, (22), 135-162. <http://www.scielo.org.co/pdf/soec/n22/n22a06.pdf>
- Preibisch, K. (1998). Sin espacio para disentir: la experiencia de las jornaleras en el Valle de Atlixco, Puebla. En M. Tarrés (coord.), *Género y cultura en América Latina: cultura y participación política* (vol. 1, pp. 335-354). El Colegio de México.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (s.f.). *Glosario de términos laborales*. <http://www.stps.gob.mx/gobmx/estadisticas/Glosario/glosario.htm>
- Valdivia, M. & Pedrero, M. (2011). Segmentación laboral, educación y desigualdad salarial en México. *Revista Mexicana de Sociología*, 73(1), 139-175. <http://dx.doi.org/10.22201/iis.01882503p.2011.1.23566>
- Zabludovsky, G. (2015). Las mujeres en los ámbitos de poder económico y político de México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales, Nueva Época*, 60(223), 61-94. [http://dx.doi.org/10.1016/S0185-1918\(15\)72131-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0185-1918(15)72131-8)



Trata infantil con fines de explotación laboral en los cantones Otavalo y Cotacachi

Andrea Carolina SUBÍA CABRERA*

Resumen

El objetivo del presente estudio fue analizar la problemática vinculada a la movilidad humana como es el fenómeno de trata de personas que afecta mayoritariamente a niñas, niños y adolescentes de las comunidades kichwa otavalo de los cantones Otavalo y Cotacachi, Ecuador. Desde el enfoque de los derechos humanos, se examina el ordenamiento jurídico interno junto a instrumentos internacionales vinculantes. La investigación se realizó a través de un estudio de caso con enfoque cualitativo. Al año 2017, se resalta la ausencia tanto de la coordinación entre los actores estatales frente a la lucha en contra de la trata de personas como de un sistema informático de víctimas (casos denunciados y procesados, y un mapeo de víctimas y victimarios). Ello se debe generalmente al limitado presupuesto y tecnificación estatal frente a los fenómenos de movilidad humana; sin embargo, se han coordinado mesas de trabajo entre el Estado, organizaciones internacionales y organizaciones no gubernamentales. Se resalta la política pública cuyo objetivo es mejorar la situación; así, se han creado agendas cantonales, hojas de ruta de protección y ordenanzas frente al delito de trata de personas en dichos cantones.

Palabras clave: movilidad humana, trata de personas, trata infantil, explotación laboral, redes migratorias.

Introducción

Cada año alrededor de 1,2 millones de niños son vendidos y sometidos para adopción ilegal o para trabajar como obreros, prostitutas o soldados

COMPASSION INTERNATIONAL

En el 2007, según informes de la Defensoría del Pueblo en Ecuador, se diagnostica el aumento de víctimas de trata de personas cuyos fines principalmente son de explotación sexual, seguido de la laboral y la mendicidad que afecta en su mayoría a mujeres, niñas, niños y adolescentes; con fines de explotación laboral, afecta a niños, niñas y adolescentes provenientes de comunidades rurales del pueblo kichwa otavalo en los cantones Otavalo y Cotacachi, cuyos lugares de destino internacional son Colombia, Perú y Brasil (Santillán, 2008).

Frente al fenómeno de trata de personas, en el año 2008 el Consejo Nacional de Derechos de la Niñez del Ecuador, mediante un Protocolo de atención integral de las víctimas de trata de personas, resalta noticias de medios de comunicación en los que se señala que niños, niñas y adolescentes de nacionalidad indígena son víctimas de trata de personas con fines de explotación laboral, servidumbre y mendicidad dentro de la provincia de Imbabura, específicamente en los cantones Otavalo y Cotacachi:

La mayoría sale de sus comunidades a los alrededores de Otavalo, y les dicen a sus padres que van a recibir 500 dólares por trabajar un año. Al final del año, la mejor remuneración es de 60 dólares, porque la mayoría no recibe ni un centavo. (Hora Imbabura, pp. A23, 18/03/08). Migrantes recorren las comunidades indígenas a fin de convencer a algunos padres y madres para que ‘alquilen’ a sus hijos e hijas por 200 dólares al año y los trasladan vía terrestre a Colombia y Venezuela para trabajar en centros artesanales y actividades comerciales (Consejo Nacional de Derechos de la Niñez del Ecuador, 2008, p. 27).

Dicha problemática social responde a factores socioestructurales; no obstante, el Estado ecuatoriano ha firmado instrumentos internacionales obligatorios cuyo fin es velar por la protección y atención prioritaria de niñas, niños y adolescentes, entre ellos, la Convención de Derechos del Niño de 1989 y el Protocolo de Palermo de 2002. A nivel nacional, en el año 2006 se crea el Plan Nacional en Contra de la Trata de Personas y el Tráfico de Migrantes como una respuesta nacional frente al Estado ecuatoriano considerado país de tránsito; desde 2008, la Constitución ecuatoriana agrupa a niñas, niños y adolescentes como el primer grupo de atención prioritaria en su artículo 35.

Métodos

Para la elaboración del contexto situacional se desarrolló una investigación de campo y teórica doctrinal (mixta) con enfoque cualitativo. El método utilizado fue el estudio de caso de trata infantil en los cantones Cotacachi y Otavalo al año 2017. En el análisis se usó el enfoque de derechos humanos en casos de trata de personas y el enfoque de redes migratorias transnacionales características de la cultura kichwa otavalo dentro de dichos cantones.

Resultados

Enfoque de derechos humanos en la trata de personas

El Alto Comisionado de Derechos Humanos de la Organización de Naciones Unidas en el año 2002 presenta las directrices que deben guiar a toda persona, institución, Estado u organización que trabaja en la lucha antitrata; a este enfoque se le conoce como de derechos humanos o 3P (prevenir, proteger y penalizar):

1. Primacía de los derechos humanos. Medidas que no vulneren los derechos humanos de las víctimas, especialmente migrantes, desplazadas, refugiadas o asiladas.
2. Prevención de la trata de personas. “Los Estados ejercerán la debida diligencia para detectar y eliminar la participación o complicidad del sector público en la trata de personas” (p. 3).
3. Protección y asistencia. Las víctimas y testigos “no serán detenidas, acusadas ni procesadas” (p. 3), ello incluye su protección y asistencia jurídica, en especial de niños (residencia temporal y repatriación en condiciones de seguridad).
4. Penalización, sanción y reparación. “Los Estados procederán a investigar, procesar y fallar efectivamente los casos de trata de personas” (p. 4).

Redes migratorias transnacionales del pueblo kichwa otavalo

El pueblo de nacionalidad indígena kichwa otavalo, como lo señala Caicedo (2010), se caracteriza por mantener una cultura de migración comercial que ha creado redes familiares transnacionales de retorno en forma circular, las cuales les han permitido crear lazos de interacción y comunicación intersubjetiva en los lugares de origen y de destino. La mayoría migra a Colombia, Perú, Venezuela, Chile, Brasil, Bélgica, México o Estados Unidos.

La migración hacia otros países constituye un factor cultural del pueblo kichwa otavalo. Un rango identitario de indígenas kichwa “élite”, comerciante itinerante, conocido como *mindaláe*, vincula a jóvenes desde edades tempranas (15 a 25 años) que desean se parte de este movimiento migratorio cultural y consuetudinario (Caicedo, 2010).

Trata de personas en el siglo XXI

Se ha vinculado el fenómeno de la esclavitud con la trata de personas, ya que su naturaleza y práctica se asemejan, como lo señala Wilkinson (2010), citando a Bales, porque existen diversos factores estructurales en el mundo que permiten su permanencia; por lo mismo, se ha denominado como la esclavitud de la economía contemporánea en el siglo XXI:

(...) más de mil millones de personas viven con 1 dólar al día o menos, desplazamiento de tierras y masas de las poblaciones rurales, guerra, guerra civil, limitadas oportunidades para la migración legal para el trabajo, posibilidades de eludir ilegalmente los controles en un mundo cada vez más globalizado, pandillas criminales y personas que explotan a marginados (Wilkinson, 2010, p. 474).

En el siglo XIX, se tipifica como delito al comercio ilícito y la explotación de mujeres blancas provenientes de Europa: “trata de blancas”. Este discurso resultaba ser discriminatorio, ya que se llegaba a considerar que si existían mujeres de otra nacionalidad o etnia víctimas de comercio ilegal y explotación no constituía delito (Ministerio del Interior, s.f.).

En el siglo XX, se crean convenios internacionales con el fin de proteger la libertad y dignidad de todos los seres humanos sin distinción, cuyo hito es la Declaración Universal de Derechos Humanos, en 1948, hasta llegar a la creación del término *trata de personas* con el Protocolo para prevenir, reprimir y sancionar la trata de personas, especialmente de mujeres y niños, como instrumento conexo a la Convención de las Naciones Unidas contra la Delincuencia Organizada Transnacional del 2000.

Del término *trata de personas*, Carrión (2009) considera que son tres las características de la esclavitud: movilidad de la población, que puede consistir en un cruce de fronteras o de ciudades; venta de seres humanos donde existe un mercado ilegal en el que se establecen los precios; atadura forzosa en la cual la persona vulnerable carece de opciones y es explotada bajo varias modalidades: sexual, laboral, prostitución ajena, mendicidad, tráfico de órganos, fines delictivos, entre otras.

Además de las características de tráfico o movilidad y explotación de personas, se encuentra la “ausencia de consentimiento o que este se halle viciado” (Badia, 2010, p. 24), en concordancia con el Protocolo de Palermo (2000), la captación se puede dar a

través del engaño, falsas promesas, abuso de poder, situación de vulnerabilidad, coacción e intimidación.

Trata infantil con fines de explotación laboral

Supliguicha, Vásquez y Jácome (2008) definen la trata infantil con fines de explotación laboral como el “aprovechamiento injusto del trabajo de niños, niñas y adolescentes para el beneficio de otra persona” (p. 270). Con lo predicho, se permite definir el fenómeno de la *trata infantil* con base en el literal c del artículo 3 del Protocolo de Palermo (2000) como aquel delito en el que existe la captación, traslado y explotación injusta del trabajo de niñas, niños y adolescentes, aunque exista o no engaño, abuso de poder, situación de vulnerabilidad, falsas promesas, coacción e intimidación, incluso con el consentimiento o no de sus padres:

La captación, el transporte, el traslado, la acogida o la recepción de un niño con fines de explotación se considerará ‘trata de personas’ incluso cuando no se recurra a ninguno de los medios enunciados en el apartado a) del presente artículo.

Diagnóstico situacional de la trata de personas en Otavalo y Cotacachi del año 2008 al 2017

Otavalo y Cotacachi se asemejan dentro de su contexto geográfico y caracterización poblacional. Ambas poseen una gran población de nacionalidad indígena del pueblo kichwa otavalo y en los sectores rurales subsisten con altos índices de analfabetismo, pobreza y limitado acceso a servicios básicos (Coloma, 2012).

Los factores socioestructurales en las comunidades rurales son pobreza, analfabetismo, desescolarización, necesidades básicas insatisfechas, desempleo, roles y estereotipos de género, que generan vulnerabilidad de niñas, niños y adolescentes indígenas que se ven en la necesidad de buscar medios de trabajo para ayudar a la economía familiar (Subía, 2018).

Coloma (2012), en su estudio sobre trata de personas en los cantones Otavalo, Cotacachi e Ibarra en Ecuador, destaca que existe un débil registro y control migratorio en la frontera ecuatoriana con Colombia, incluida la falsificación de documentos migratorios vinculados al tráfico ilícito de migrantes, y considera que muchas veces menores de edad viajan sin documentos ni autorización de sus padres.

Se identifica que en el cantón Otavalo los menores provienen de las comunidades rurales La Compañía, Huaicopungo y Tocagón. En Cotacachi, las comunidades rurales de origen son el Cercado, la Calera y la zona de Intag. En relación con los reclutadores o tratantes, se identifica que generalmente son personas de nacionalidad indígena kichwa

otavalo, provenientes de sectores urbanos, con buena situación económica, migrantes exitosos con experiencia en el comercio transnacional de artesanías y música, cercanos a la comunidad e incluso a los familiares de las víctimas (Subía, 2018).

Los lugares de destino pueden ser internos, es decir, sin cruce de fronteras; cuando existe cruce de fronteras y la trata infantil se presenta con fines de explotación laboral, los lugares de destino se caracterizan por el comercio de artesanías y textiles en la región andina como Bogotá y Cali en Colombia, Sao Paulo en Brasil, Santiago de Chile, México y, en Europa, Bélgica, España y Suiza (Caicedo, 2010; Coloma, 2012).

Trabajo infantil indígena

Uno de los fenómenos sociales en los que los Estados han sumado sus esfuerzos es en el combate del trabajo infantil. Dentro del Estado ecuatoriano está prohibido el trabajo de personas menores de 18 años, con la excepción de que un adolescente desde los 15 años trabaje en actividades no peligrosas que no le perjudiquen y cuente con la autorización de sus representantes. El Estado ecuatoriano reconoce que existen actividades ancestrales formativas que vinculan a menores de edad dentro de su familia y comunidad, y le permiten crear lazos sociales, cuya característica es que no perjudique el desarrollo e integridad de las niñas, niños y adolescentes; sin embargo, es muy ambiguo definir las actividades, el horario y la intensidad (Congreso Nacional, 2003).

A nivel nacional, en las comunidades indígenas es común el trabajo familiar; está visto como ayuda familiar, por lo que, si es necesario, se permite que menores (12 a 15 años) trabajen fuera de su hogar o comunidad, en otras ciudades e incluso fuera del país, lo que los hace vulnerables de caer en redes de trata infantil para la explotación laboral (García, 2009).

Discusión

De la investigación realizada no existe un sistema de información cuantitativa oficial ni un sistema único que integre la información para todas las instituciones que conforman la mesa interinstitucional antitrata de personas, como es el Ministerio del Interior como ente rector, el Ministerio de Justicia, derechos humanos y cultos, Ministerio de Educación, Ministerio de Inclusión Económica y Social, Ministerio de Relaciones Exteriores, entre otros (Defensoría del Pueblo, 2017).

Es importante señalar la falta de recursos y el precario presupuesto cantonal. El sistema de víctimas y testigos no ha desarrollado un proyecto de casas de acogida para los cantones; ello evidencia que no hay un proceso adecuado para que las víctimas puedan reintegrarse a sus comunidades desde un acompañamiento integral y seguro.

Por las repercusiones en su proyecto de vida, algunas organizaciones no gubernamentales trabajan con víctimas de trata, como la fundación Alas de Colibrí en Quito, Terra de Hombres, In Red y Fundación Care (Subía, 2018).

Destacan las divergencias entre los casos denunciados, que son notoriamente escasos, y los casos con los que han trabajado organizaciones no gubernamentales como la Fundación Terra de Hombres y la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi: se han denunciado 10 en Otavalo y 1 en Cotacachi en la Fiscalía de Imbabura, sin que ninguno haya sido judicializado, quedando en la impunidad; no obstante, se tienen datos de 60 víctimas kichwa, con 19 testimonios, de Cotacachi (Subía, 2018).

En el cantón Otavalo, en la etapa de investigación procesal, el agente fiscal que investiga estos delitos depende de la cooperación técnica de la oficina matriz de Quito, lo que lo limita significativamente. En relación con la cooperación internacional, la Fiscalía del cantón Otavalo en el año 2016 estuvo en la investigación de un caso de una adolescente de nacionalidad indígena kichwa otavalo que había sido llevada a Venezuela. El caso entró en proceso de archivo, ya que una limitante fue que la adolescente víctima viajó al extranjero en búsqueda de trabajo al haber cumplido la mayoría de edad; al momento de admitir a la víctima y a su familia dentro del sistema de víctimas y testigos su solicitud fue rechazada, los elementos de convicción resultaron insuficientes y el caso no se judicializó. No obstante, se conoce que el *modus operandi* fue el mismo: se ofrece a la familia una mensualidad por el trabajo de sus niñas, niños o adolescentes (Subía, 2018).

A junio del año 2017, prensa y televisión a nivel local y nacional continuaban informando sobre casos de trata infantil, cuyas víctimas son menores indígenas de Otavalo y Cotacachi, advirtiendo del *modus operandi* en el que usan falsas promesas de pago, vivienda y estudio a cambio de trabajo por un largo periodo de tiempo en otros países (*El Comercio*, 2017a, 2017b, 2017c; *El Telégrafo*, 2017; *El Universo*, 2017).

Desde la Constitución ecuatoriana del año 2008 se establece que se juzgará dentro de circunscripciones de población indígena con base en el derecho propio, lo que le faculta a la justicia indígena decidir sobre el principio pro jurisdicción indígena (en caso de duda entre jurisdicción ordinaria e indígena, se preferirá la indígena).

Por lo anterior, en el año 2013, en el cantón Otavalo se judicializa un caso que fue declinado a la justicia indígena y resuelto en las comunidades de origen de donde provenían tanto las víctimas como agresores. El caso de trata infantil se suscitó en comunidades indígenas del sector rural de donde provenían las dos adolescentes víctimas y los captores indígenas provenientes de comunidades urbanas, del cantón Otavalo. La captación se realizó cuando las adolescentes salían de su colegio: se les ofreció trabajo y, por las necesidades familiares, acceden a viajar, estudiar y trabajar, pero fueron trasladadas a otro país donde se les estuvo explotando laboralmente, con intento de explotación sexual (Subía, 2018).

Es importante señalar que en el cantón Cotacachi, en 2014, se judicializa un caso en el que se sentencia a dos personas por este delito. Los agresores fueron una pareja de indígenas kichwa otavalo del cantón Otavalo que se habían trasladado a la ciudad de Guayaquil a realizar actividades comerciales; las víctimas, cuatro menores y una mujer, de nacionalidad indígena kichwa otavalo de los cantones Cotacachi y Otavalo.

El tribunal penal, en sus consideraciones, resalta que la trata de personas es un delito pluriofensivo, pues hace uso del criterio de interseccionalidad, ya que no existe un único bien jurídico protegido vulnerado, sino varios; por lo tanto, la sanción es de pena privativa de la libertad a los tratantes (Consejo de la Judicatura, 2014, causa 2013-0592).

Se ha creado una mesa interinstitucional a nivel nacional, provincial y cantonal en la que participa el Estado, organizaciones no gubernamentales y sociedad civil, organizaciones internacionales y sus delegados (Defensoría del Pueblo, 2017). En relación con el trabajo de organizaciones internacionales se encuentran la Oficina del Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Refugiados y la Organización Internacional de Migraciones; en materia de movilidad humana, se brinda asesoría a inmigrantes dentro de la frontera norte colomboecuatoriana y se brinda protección en caso de víctimas de cualquier forma de violencia.

Las fundaciones especializadas que han invertido recursos en el cantón Cotacachi son Tierra de Hombres y la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi. En sus talleres y visitas a las comunidades trabajan bajo el enfoque intercultural (García, 2009) con talleres lúdicos, charlas, videos, presentaciones con títeres y campamentos enfocados en infantes desde 9 años y adolescentes, incluyendo a sus padres, que generalmente son dirigidos a colegios de las comunidades rurales.

Una de las conclusiones, en una entrevista a la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi como principal actor social en la lucha antitrata, es que existe una falta de articulación entre las instituciones estatales en cuanto a recursos, presupuesto, planes y programas por su falta de continuidad en la lucha antitrata, además de que no hay una campaña de difusión permanente sobre derechos humanos (Subía, 2018).

El enfoque de prevención en los cantones Cotacachi y Otavalo necesita ser replanteado dentro del diseño de una política pública antitrata de personas, pudiéndose implementar planes de acción y prevención que permitan la sensibilización y la difusión para el empoderamiento y el conocimiento de la problemática dentro de las comunidades de origen. Ya se señaló la situación con las casas de acogida para víctimas de comunidades indígenas, que necesita ser atendida.

Los delegados y actores locales que conforman la mesa interinstitucional de la lucha antitrata de personas (juntas cantonales; consejos cantonales de derechos; Prefectura junto al patronato; Dirección Nacional de Policía Especializada para Niños, Niñas y Adolescentes; ministerios de Inclusión Económica y Social, Trabajo, Educación, Salud

y Relaciones Exteriores; fiscalías, Defensoría del Pueblo, unidades judiciales, entre otros) requieren de capacitación, equipamiento, mayor presupuesto y personal técnico que trabaje en los siguientes ejes:

1. Prevención, sensibilización, promoción y empoderamiento de derechos humanos, con programas continuos dentro de sectores identificados.
2. Protección, a través de la implementación de casas de acogida con personal especializado en la reinserción de víctimas de trata de personas, pues no existen en la provincia junto a un programa de víctimas y testigos más eficiente.
3. Investigación y sanción, con mayor coordinación en materia penal internacional y en los equipos técnicos para la búsqueda de los lugares de explotación, así como de los agresores.

Conclusiones

La trata infantil con fines de explotación laboral deviene del término *trata de personas*, cuyo antecedente es la esclavitud. Los Estados trabajan con el fin de tipificar, prevenir y sancionar dicho delito, con base en los principios del enfoque de derechos humanos.

Ecuador, desde el siglo XXI, ha identificado la lucha antitrata de personas; con ello, ha implementado políticas, normativas y programas para la prevención, erradicación y combate —como la mesa interinstitucional de actores vinculados a organizaciones internacionales y no gubernamentales—, y ha incluido en su sistema de protección a los niños, niñas y adolescentes como grupo de atención prioritaria. Ello deviene que cuando sean víctimas de cualquier forma de violencia existirá una mayor preocupación por parte de actores estatales.

En sectores cercanos a la frontera, como en los cantones Cotacachi y Otavalo, los factores socioestructurales y culturales han permitido que niñas, niños y adolescentes caigan en redes delictivas de trata de personas, cuya explotación generalmente es la laboral. Los captores y tratantes generalmente son de la misma nacionalidad indígena kichwa otavalo que conocen el proceso migratorio vinculado con las redes migratorias transicionales características del pueblo y con el trabajo infantil propio de la población indígena.

Existen muy pocos casos denunciados y judicializados. En los denunciados hasta el 2017, el agente fiscal, incluso con la cooperación técnica de la oficina de Quito y de los países en los que se investiga el caso, no inició con la acusación de los tratantes por falta de elementos de convicción.

En los años 2013 y 2014, los casos que se procesaron en el sistema de justicia fueron de trata infantil con fines de explotación laboral. En Cotacachi, la sentencia marca una pauta en la materia al considerar el delito como pluriofensivo, lo que permite sentenciar a los tratantes bajo el tipo penal de trata de personas; no obstante, se omite la reparación

integral de las víctimas y sus familias, lo cual es considerado como un derecho que el Estado debe garantizar para la reparación y rehabilitación de la víctima. En Otavalo, el caso de trata de personas fue declinado a la justicia indígena por ser facultativo de las comunidades dentro de sus asuntos internos.


En relación con las áreas de prevención, protección y penalización (sanción e investigación), se destaca que no existe un control general y oficial estatal para la sistematización de causas. Generalmente, existe un limitado recurso económico, técnico y humano; además de la falta de articulación y transversalización en la ejecución de las políticas antitrata, especialmente la inclusión del enfoque intercultural y lúdico dentro de los sectores identificados que podría ser incluido en las mesas de trabajo y en los programas estatales antitrata.

Referencias

- Badía, A. (2010). La trata de niños en el ámbito jurídico internacional. En E. González & N. González (coords.), *La protección de los niños en el derecho internacional y en las relaciones internacionales* (pp. 115-128).
- Caicedo, L. (2010). Los kichwaotavalos en Bogotá. En A. Torres (coord.), *Niñez indígena en migración. Derechos en riesgo y tramas culturales*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador; Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia; Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
- Carión, F. (2009). El trato de la trata de personas. En *Ciudad segura. Trata de personas*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador. <http://hdl.handle.net/10469/1353>
- Coloma, S. (2012). *Diagnóstico sobre la trata de personas en los cantones Otavalo y Cotacachi, provincia de Imbabura*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador; Organización Internacional de Migraciones.
- Compassion International. (2017). *Niños. Serie filosófica ministerial de Compassion*. Compassion International.
- Congreso Nacional. (2003). Código de la Niñez y Adolescencia. <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2014/9503.pdf>
- Consejo Nacional de Derechos de la Niñez del Ecuador. (2008). Protocolo de atención integral de las víctimas de trata de personas.
- Consejo de la Judicatura. (2014). Trata de personas. Unidad Judicial Penal de Otavalo, causa 2013-0592.
- Defensoría del Pueblo. (2017, 25 de julio). La comisión interinstitucional se activa en la lucha contra la trata de personas. <https://www.dpe.gob.ec/la-comision-interinstitucional-se-activa-la-lucha-la-trata-personas/>
- El Comercio*. (2017, 26 de febrero). Niños ecuatorianos son explotados en 3 países. <http://>

- www.elcomercio.com/actualidad/ninos-ecuatorianos-son-explotados-paises.html
- (2017, 23 de agosto). Tres menores ecuatorianos fueron rescatados en Perú. <http://www.elcomercio.com/actualidad/menores-ecuatorianos-trata-rescate-peru.html>
- (2017, 1 de agosto). Ministerio del Interior busca estrategias para combatir la trata de personas. <http://www.elcomercio.com/actualidad/estrategias-combatir-trata-explotacion-coip.html>
- El Telégrafo*. (2017, 16 de enero). Presunta víctima de trata de personas fue rescatada por la policía nacional. <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/judicial/12/presunta-victima-de-trata-de-personas-fue-rescatada-por-la-policia-nacional>
- El Universo*. (2017, 13 de enero). ONU: Niños indígenas de Ecuador son llevados a mendigar a Cali. <http://www.eluniverso.com/noticias/2017/01/13/nota/5994787/onu-ninos-indigenas-ecuador-son-llevados-mendigiar-cali>
- García, F. (2009). *Trabajo infantil indígena*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador.
- Ministerio del Interior. (s.f.). Tipificación del delito de trata de personas a través del código orgánico integral penal. <https://www.ministeriodegobierno.gov.ec/tipificacion-del-delito-de-trata-de-personas-a-traves-del-codigo-orgánico-integral-penal/>
- Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. (1948). Declaración Universal de Derechos Humanos. https://www.ohchr.org/en/udhr/documents/udhr_translations/spn.pdf
- (1989). Convención sobre los Derechos del Niño. <http://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/CRC.aspx>
- (2000). Protocolo para prevenir, reprimir y sancionar la trata de personas, especialmente mujeres y niños, que complementa la Convención de las Naciones Unidas contra la Delincuencia Organizada Transnacional. http://www.ohchr.org/Documents/ProfessionalInterest/ProtocolTraffickingInPersons_sp.pdf
- (2002). Principios y directrices recomendados sobre los derechos humanos y la trata de personas. (E/2002/68/Add.1). <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/Traffickingsp.pdf>
- Santillán, A. (2008). Acciones sociales y penales sobre la trata de personas. En J. Pontón & A. Santillán (comps.), *Nuevas problemáticas en seguridad ciudadana* (pp. 284-287). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/51826.pdf>
- Subía, A. (2018). *Análisis del tratamiento en Ecuador de la trata infantil con fines de explotación laboral durante el periodo 2008 al 2017* [tesis de maestría, Instituto de Altos Estudios Nacionales]. Repositorio Digital del Instituto de Altos Estudios Nacionales. <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/5122>
- Supliguicha, V., Vásquez, G. & Jácome, P. (2008). Trata de personas: historias que invi-

- sibilizan verdades. En J. Pontón & A. Santillán (comps.), *Nuevas problemáticas en seguridad ciudadana* (pp. 284-287). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede Ecuador. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/51826.pdf>
- Wilkinson, M. (2010). A Review of “Modern Slavery: The Secret World of 27 Million People”. *Peace Review, A Journal of Social Justice*, 22(4), 473-476. <http://dx.doi.org/10.1080/10402659.2010.524586>



Análisis de los factores que inciden en la empleabilidad de los egresados del CUCiénega

Héctor CUELLAR HERNÁNDEZ*
Helga Elena ROESNER GARCÍA
María Luisa VILLASANO JAIN

Resumen

El papel que los egresados del Centro Universitario de la Ciénega (CUCiénega) de la Universidad de Guadalajara tienen en el mercado laboral ha sido y es un asunto prioritario para las autoridades de esta institución, ya que ellos representan la imagen académica y profesional de la universidad, además de incidir directamente sobre el desarrollo socioeconómico, el incremento del nivel y calidad de vida, y la disminución de la pobreza no solo de la localidad donde laboran, sino de su municipio y aún más de la región de la Ciénega en su conjunto. El estudio determina bajo qué condiciones se emplean los egresados, cuáles son las instituciones que principalmente los reciben, cómo se están insertando en el mercado laboral y cuál es su trascendencia profesional. Por esta razón, es fundamental conocer la opinión de los empleadores para determinar tales condiciones; de esta forma, se conoce el nivel de empleabilidad de los egresados.

Palabras clave: empleabilidad, mercado laboral, egresados, empleadores.

* Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega.

hector.cuellar@academicos.udg.mx | helga.roesner@academicos.udg.mx | maria.villasano@academicos.udg.mx

Introducción

Comenzaremos por seguir el concepto de empleabilidad de la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2002): “competencias y cualificaciones transferibles que refuerzan la capacidad de las personas para aprovechar las oportunidades de educación y de formación que se les presenten con miras a encontrar y conservar un trabajo decente”.

La empleabilidad se relaciona con las características individuales deseables de un individuo valoradas en el mercado laboral (García-Manjón, 2009). Kohler (2004) señala cómo estas características, entendidas como “competencias”, serán remuneradas en función de su utilidad, por ende, determinando la empleabilidad de una persona. Más aún, Drucker (2007) suma a la definición de *empleabilidad* las competencias emocionales —determinantes para la construcción de relaciones—, proponiendo a su vez considerar la *aptitud* como la convergencia de conocimientos y habilidades.

Las dinámicas económicas contemporáneas, enmarcadas por la globalización y el desarrollo tecnológico acelerado, obligan a analizar la empleabilidad de las personas a partir de sus habilidades transversales, que exceden la especialización técnica en su área. De este modo, es sumamente valioso un conjunto complejo de aptitudes además de un entrenamiento específico para un campo laboral.

No obstante, si las universidades tienen la encomienda de formar profesionales de competencia internacional, capacitados para enfrentar la evolución de los ambientes laborales, deberán de promover directamente el desarrollo de estas aptitudes incluso desde el diseño curricular. Así, y siguiendo particularmente la iniciativa del Reino Unido, la calidad académica sería determinada por la facultad de una institución para profesionalizar a sus estudiantes con base en los elementos que constituyan su empleabilidad.

La característica de la empleabilidad implica que la persona no solamente desempeñará un puesto de manera satisfactoria, según los resultados esperados trazados desde la parte empleadora y cubriendo sus requisitos, sino que podría contar con una mayor movilidad laboral. La disposición a aprender y adaptarse suma a lo instruido en la educación superior.

En el mercado laboral se compite por salarios y puestos altos. Entre sus factores determinantes encontramos la escolaridad, la experiencia en la ocupación, la rama de actividad, el tamaño de la empresa y la región geográfica. El mercado asigna los recursos humanos; la oferta depende tanto de factores demográficos como de económicos, culturales y tecnológicos (Contreras et al., 2010).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021) distingue, con la Encuesta nacional de ocupación y empleo, a la población en edad de trabajar (14 años y más) en no económicamente activa y económicamente activa; para esta última, a su vez, define criterios para diferenciar a la población ocupada de la desocupada.

Metodología

El diseño para esta investigación fue de carácter cuantitativo y descriptivo. La muestra fue no probabilística y por conveniencia, en donde se aplicaron 150 encuestas a instituciones de tipo industrial, comercial, de servicios, Gobierno y sector primario en los 13 municipios de la región Ciénega.

El propósito fue identificar el estatus laboral de los egresados del Centro Universitario de la Ciénega (CUCiénega), el tipo de institución donde laboran, la trascendencia o impacto de su labor profesional y el sentir personal acerca del impacto que piensan que ha tenido, tiene y tendrá a futuro no solo el CUCiénega, sino la misma Universidad de Guadalajara dentro de su vida profesional y personal. El universo de la plantilla de trabajadores es de 9 750, de los cuales el 8.24 % (804) son egresados del CUCiénega.

El instrumento tomó como referencia un estudio de empleadores de egresados de la Universidad de Sonora, publicado en el libro *El mercado laboral de egresados universitarios desde el punto de vista de los empleadores 2008* (Burgos & López, 2008), el cual fue adaptado al CUCiénega y cuenta con 16 ítems, que están estructurados en cinco apartados: características de la empresa o institución; vinculación de la empresa con el centro universitario; requisitos y características deseables para la contratación de profesionistas; formación personal, y evaluación profesional de egresados en el campo laboral.

La encuesta se aplicó a responsables de gestión humana; en el caso de organizaciones que no tienen esta dependencia, se encuestó al gerente. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics bajo el manejo de estadística descriptiva y la prueba estadística de la ji al cuadrado, al 95 % de confiabilidad.

Resultados

Los egresados del CUCiénega desarrollan su actividad laboral prioritariamente en empresas que brindan servicios (44 %), siguiéndole las actividades comerciales (21 %), dentro del Gobierno municipal (18 %), en la industria o manufactura (12 %) y solo el 5 % dentro del sector primario (cuadro 1).

Cuadro 1. Actividad económica

Actividad económica	Porcentaje
Servicios	44
Actividades comerciales	21
Gobierno municipal	18
Industria o manufactura	12
Sector primario	5

Los egresados laboran mayoritariamente en empresas pequeñas (35 %), siguiéndole las medianas (31 %), las microempresas (20 %) y las grandes (14 %) (cuadro 2).

Cuadro 2. Tamaño de la empresa

Tamaño de la empresa	Porcentaje
Microempresas	20
Pequeñas	35
Medianas	31
Grandes	14

La vinculación entre el CUCIénega y las empresas se da principalmente en la forma de empleo a egresados (40 %), siguiéndole en trascendencia la oportunidad de realizar el servicio social (19 %) y en menor medida las prácticas profesionales (8 %), la bolsa de trabajo y las visitas de estudiantes y maestros (7 %), la impartición de cursos o talleres, los proyectos conjuntos de investigación (5 %) y la utilización de productos o servicios de la Universidad de Guadalajara (2 %) (cuadro 3).

Cuadro 3. Vinculación del CUCIénega con empresas

Forma de vinculación	Porcentaje
Empleo a egresados	40
Servicio social	19
Prácticas profesionales	8
Bolsa de trabajo	7
Visitas de estudiantes y maestros	7

Forma de vinculación	Porcentaje
Impartición de cursos o talleres	5
Impartición de diplomados	5
Proyectos conjuntos de investigación	5
Utilización de productos UdeG	2
Utilización de servicios UdeG	2

La *buena presencia* y la *disposición al trabajo* (5.00) son aspectos fundamentales que las empresas anteponen a cualquier otro para contratar a un profesionista; le siguen en importancia o trascendencia empresarial que el egresado tenga los estudios de licenciatura completos (4.32), que apruebe la entrevista formal (4.24), que cuente con el título profesional (4.20), que apruebe el examen de selección (4.20) y el examen psicométrico (3.92), dejando al final la experiencia (3.60) (cuadro 4).

Cuadro 4. Requisitos para contratación de profesionistas

Requisitos formales y características	Calificación
Buena presencia	5.00
Disposición al trabajo	5.00
Estudios completos	4.32
Entrevista formal	4.24
Título profesional	4.20
Examen de selección	4.20
Examen psicométrico	3.92
Experiencia	3.60

La actitud (5.00) es la condición fundamental que las empresas buscan en el egresado del CUCiénega, siguiéndole en importancia la capacidad para la adecuada toma de decisiones (4.68) y de liderazgo (4.60). El razonamiento lógico o matemático (4.44), el manejo de habilidades computacionales y la buena presentación siguen en orden de importancia (4.40) (cuadro 5).

Cuadro 5. Aspectos que influyen en la contratación de profesionistas

Aspectos	Calificación
Actitud	5.00
Aptitud para la toma de decisiones	4.68
Liderazgo	4.60
Razonamiento lógico o matemático	4.44
Habilidades computacionales	4.40
Buena presentación	4.40

En opinión de los empleadores, la Licenciatura en Administración (15 %) sigue siendo la preferida por las empresas, por arriba de Contaduría Pública (9 %), Ingeniería Industrial (9 %) y Medicina (7 %), además de detectar un incremento evidente en la preferencia de carreras como Mercadotecnia y Agronegocios (6 %). Es notoria además una preferencia de las empresas en áreas como Finanzas, Economía, Ciencias Computacionales, Informática, Comercio Internacional, Derecho, Agrobiotecnología y Arquitectura (4 %) como las más mencionadas (cuadro 6).

Cuadro 6. Carreras profesionales con mayor futuro

Carreras	Porcentaje
Administración	15
Contaduría Pública	9
Ingeniería Industrial	9
Medicina	7
Mercadotecnia	6
Agronegocios	6
Finanzas	4
Economía	4
Ciencias Computacionales	4
Informática	4
Comercio Internacional	4
Derecho	4
Agrobiotecnología	4
Arquitectura	4
Otras	16

La mayor cantidad de egresados están empleados en el área administrativa (62.69 %), siguiéndole el área de operarios (14.18 %), jefes de unidad (13.43 %), gerentes de área (6.72 %) y supervisores (2.98 %). Es evidente, por lo tanto, la importancia de la carrera administrativa en el CUCiénega y la enorme trascendencia que esta tiene para la activación socioeconómica municipal y regional, particularmente sobre el incremento de los niveles de vida y la disminución de la pobreza en la zona (cuadro 7).

Cuadro 7. Egresados del CUCiénega en plantilla laboral

Área de trabajo	Cantidad	Porcentaje
Administrativa	504	62.69
Operarios	114	14.18
Jefes de unidad	108	13.43
Gerentes	54	6.72
Supervisores	24	2.98

Tomando en consideración la universidad de origen de los empleados administrativos, el 46 % de estos es egresado del CUCiénega, mientras que el 27 % pertenece a la misma Universidad de Guadalajara, pero de otros centros universitarios; le sigue el Tecnológico de Ocotlán con un 8 %, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (Iteso) con un 7 % y con un 4 % otras instituciones de educación superior (cuadro 8).

Cuadro 8. Universidad de origen de empleados administrativos

Universidad	Porcentaje
CUCiénega	46
Universidad de Guadalajara (otros centros)	27
Tecnológico de Ocotlán	8
Iteso	7
Univa	4
Tecnológico de Jiquilpan, Michoacán	4
Universidad del Golfo	4

Conclusiones

La tendencia señala que los egresados universitarios recurren mayoritariamente a las pequeñas empresas, en donde tendrán que hacer uso de su compromiso y responsabilidad social, además de tener la oportunidad y responsabilidad de sacar adelante una empresa con recursos e infraestructura limitados, lo que representa un reto para ellos mismos.

Se deben establecer nexos eficientes y funcionales entre las empresas y los gobiernos municipales de la región con el CUCiénega para promover y fortalecer esta vinculación con programas actualizados, que a su vez activen el desarrollo socioeconómico y eleven la calidad de vida de las personas.

Entre los aspectos y requisitos que influyen para la contratación de profesionistas por parte de los empleadores, y por tanto a su empleabilidad, los resultados indican que las empresas buscan mayoritariamente una persona con la actitud y la personalidad suficiente para que sirva de inspiración y de confianza a sus compañeros de trabajo. Los requisitos formales preferenciales para la contratación son la buena presencia y la disposición al trabajo, así como tener terminada su licenciatura.

Es evidente que los egresados del CUCiénega tienen una preferencia para ser contratados como personal administrativo y jefes de unidad, razón por la que se infiere que los egresados de esta institución, desde el punto de vista de la empleabilidad, son profesionistas con una aprobada actitud, total disposición al trabajo, muy buena toma de decisiones y reconocido liderazgo, por lo que las expectativas de desarrollo profesional de los egresados son prometedoras.

Tomando en cuenta estos aspectos de empleabilidad, es propicio alinear y rediseñar curricularmente algunas carreras del CUCiénega, tales como Mercadotecnia, Agronegocios, Negocios Internacionales, Abogado y Ciencias Computacionales para que se incluyan en sus planes de estudios temáticas que fomenten las actitudes, la toma de decisiones y el liderazgo, factores imprescindibles en la empleabilidad de profesionistas en la región Ciénega. Esto representa la necesidad de seguir trabajando diariamente para conservar e incrementar la calidad académica de los estudiantes y hacer aún más evidente el papel diferenciador de la Universidad de Guadalajara dentro de la región.

En el CUCiénega, las carreras relacionadas con la Administración siguen siendo las de mayor cobertura y atracción para los estudiantes; sumado al papel jugado por los egresados en esta área, resalta la importancia y sobre todo la necesidad que tienen las autoridades universitarias de actualizar y renovar la carrera periódicamente para mantener vigente el interés y la calidad de los egresados, quienes tienen el compromiso de contribuir con su esfuerzo y trabajo al incremento de los niveles de vida de la sociedad ocotlense y de los municipios de la región. La mayor cantidad de egresados se ubica en

el área administrativa, repartida en los mandos medios y altos de las empresas. Por esta razón, es evidente la importancia de la carrera administrativa en el centro universitario y la enorme trascendencia que esta tiene para la activación socioeconómica municipal y regional, y su efecto sobre el incremento de los niveles de vida y la disminución de la pobreza en la zona.

Referencias

- Burgos, B. & López, K. (2008). *El mercado laboral de egresados universitarios desde el punto de vista de los empleadores 2008*. Universidad de Sonora.
- Contreras, A., Cuevas, E., Ruano, A. & Orozco, J. (2010). *El mercado laboral de los profesionistas en México*. Universidad de Guadalajara.
- Drucker, P. (2007). *Enseñanzas de Peter Drucker*. McGraw-Hill.
- García-Manjón, J. (2009). La empleabilidad de los universitarios en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior. En J. García-Manjón (coord.), *Hacia el Espacio Europeo de Educación Superior: el reto de la adaptación de la Universidad a Bolonia*. Netbiblio.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad. <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/#>
- Kohler, J. (2004, 22 de octubre). *The Bologna Process and Employability: The Impact of Employability on Curricular Development* [conferencia]. Key Objective of Academic Studies and for Academic Institutions Conference, Bled, Eslovenia. http://www.aic.lv/bologna/Bologna/Bol_semin/Bled/041022_Kohler-sp.pdf
- Organización Internacional del Trabajo. (2002). *El empleo, la empleabilidad y la igualdad de oportunidades en los servicios de correos y telecomunicaciones*. Organización Internacional del Trabajo.



Dinámica laboral de los operarios agrícolas del sector palmicultor en el departamento de Casanare, Colombia

Wilquer Herney CRUZ MEDINA*
Sonia Ibanova HERRERA HERNÁNDEZ

Resumen

El proyecto analizó la situación laboral (dinámica) de los operarios agrícolas del sector palmero en la región de los llanos orientales, específicamente el departamento de Casanare, Colombia. En la investigación cuantitativa se aplicaron 27 encuestas a los supervisores de las empresas productoras o coordinadores de operaciones de las empresas prestadoras de servicios en el sector de la palma de aceite en Casanare. El objetivo es conocer el nivel de eficiencia de los operarios de las labores agrícolas, los factores que inciden en la variación del salario y la relación entre el nivel de eficiencia y la remuneración en las labores agronómicas del sector palmero.

Los resultados obtenidos demuestran que existe un nivel de eficiencia de las labores agronómicas, contempladas en los contratos por destajo que firman los operarios agrícolas. Con respecto a la labor contratada (poda, fertilización, cosecha, plateo mecánico, plateo químico, polinización), se considera que un operario agrícola es eficiente en relación con la producción diaria (que puede ser expresada en toneladas, kilogramos, número de plantas, entre otros) y el precio de la misma. La variación salarial se enmarca en factores ecológicos (cambios climáticos), factores de calidad (criterios o requisitos), factores humanos (experiencia del operario) y factores de control en la productividad diaria (control y reportes efectivos).

El documento permite a los actores involucrados (Gobierno, academia, comunidad, palmicultores) entender la dinámica laboral del sector palmicultor, generando

* Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios.
wilquer.cruz@unad.edu.co | ibanovah@gmail.com

propuestas de desarrollo a través la empleabilidad local y el fortalecimiento del tejido social en el departamento de Casanare.

Palabras clave: eficiencia, asignación salarial, dinámica laboral, labores agronómicas, sector palmicultor.

Introducción

Casanare es un departamento que se ubica en la región de la Orinoquia de Colombia con características económicas propias (Morantes, 2019); sin embargo, la explotación minero-energética generó cambios drásticos desde su aparición en este territorio, sustituyendo las actividades del sector primario por el petróleo. No obstante, Casanare actualmente ha venido recuperando el sector agropecuario, tanto que se ha posicionado como primer productor en cultivos de arroz (Cámara de Comercio de Casanare, 2019) y también es el segundo hato ganadero en Colombia (DANE, 2019).

El sector palmicultor incursiona como el cuarto productor de palma de aceite, con una participación en la producción nacional del 11.1 % equivalente a un área de 57 794 hectáreas y una producción de 169 975 toneladas (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, 2019), a pesar de que el sector no hacía parte de las actividades propias del llanero.

En el contexto laboral, el sector palmero en Casanare generó 19 094 empleos: 7 638 directos y 11 456 indirectos (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, 2019). La palmicultura no es una gran generadora de empleo, puesto que por cada 100 h se emplean solo 27 trabajadores y es común la subcontratación (intermediarios como las cooperativas asociativas de trabajo y las empresas de servicios agrícolas), lo cual permite la competitividad del sector para el empresario (Pertuz & Santamaría, 2014).

La fijación de la remuneración básica de los operarios agrícolas del sector palmicultor depende del tipo de labor (polinización, poda, ploteo mecánico, ploteo químico, cosecha) y la experiencia del trabajador; estas variables son las más relevantes teniendo en cuenta que se suma el concepto de eficiencia y por ende la asignación salarial (Oliveira et al., 2011).

El trabajo tuvo como objetivo analizar la dinámica laboral de los operarios agrícolas del sector palmicultor en Casanare para facilitar el entendimiento de las labores agronómicas en la palma de aceite a los actores implicados (comunidad, gremio palmicultor, Gobierno municipal y departamental, academia). Estos son los protagonistas en la toma de decisiones que permiten la inclusión social y el desarrollo económico del departamento, mediante la formulación de políticas públicas y acciones que propenden por el orden, la seguridad y el bienestar.

Metodología

Población o unidad de análisis

De los 327 coordinadores o supervisores de producción, el cuestionario se aplicó a 27 coordinadores de operaciones de las empresas productoras y de servicios, mediante el muestreo aleatorio por conglomerados, seleccionando los cuatro números menores de acuerdo con el proceso aleatorio en Excel (cuadro 1).

Cuadro 1. Muestreo aleatorio por conglomerado. Municipios productores de palma de aceite y promedio de coordinadores por cada uno

Coordinadores o supervisores	Municipio productor	Área sembrada por municipio	Numero aleatorio
57	Orocué	13 531	0.146
63	Maní	26 136	0.41
49	Tauramena	10 388	0.46
19	Monterrey	1 667	0.49
7	San Luis de Palenque	366	0.55
58	Villanueva	19 355	0.62
12	Yopal	805	0.67
36	Aguazul	2 385	0.82
26	Nunchía	1 032	0.94
327			

Fuente: elaboración propia con base en Agronet MinAgricultura (s.f.).

Al identificar los conglomerados seleccionados, se tiene claridad del universo total que equivale a 188 coordinadores de operaciones y la muestra de 27 (cuadro 2).

DINÁMICA LABORAL DE LOS OPERARIOS AGRÍCOLAS DEL SECTOR PALMICULTOR
EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE, COLOMBIA

Cuadro 2. Conglomerados seleccionados

Coordinadores o supervisores	Municipio productor	Muestra
57	Orocué	8
63	Maní	9
49	Tauramena	7
19	Monterrey	3
188		27

Nota: se calcula la muestra a utilizar por cada municipio productor seleccionados; $n = 27$ y $n = 188$.

Diseño y aplicación del instrumento

Se elaboró un cuestionario con 6 preguntas. Comienza con aspectos básicos (variables asociadas al nivel de eficiencia en el trabajo, rango salarial); luego, se destacan aspectos clasificatorios (factores que inciden en la variación del salario y la relación entre eficiencia y asignación salarial), y finaliza con aspectos sobre el cumplimiento de las condiciones laborales y el tiempo en la adquisición de la destreza en las labores agrícolas (cuadro 3).

Cuadro 3. Cuestionario aplicado a los coordinadores de operaciones

Tipo de empresa: Productora Servicios

Años de experiencia en el sector palmicultor:

- a) De 1 a 5
- b) De 6 a 10
- c) De 11 a 15
- d) De 16 a 20
- e) De 20 o más

1. ¿Cuál es el nivel de eficiencia del trabajador agrícola? Marque con una x el mínimo y el máximo.

2. En el momento, ¿cuál es el rango salarial (mínimo–máximo) de un operario agrícola en la empresa que usted labora?

3. ¿Por qué se presenta variación del salario de los operarios del sector palmicultor?

4. ¿Considera que los salarios son justos teniendo en cuenta la productividad del operario agrícola?

5. De acuerdo a su experiencia en el sector, ¿cuál es el tiempo estimado (mínimo–máximo) para que un operario agrícola sin experiencia logre su nivel de eficiencia en la labor?

6. ¿La empresa garantiza (pago) las condiciones laborales básicas (seguridad social y prestaciones sociales) al operario agrícola?

Para medir la confiabilidad del instrumento de recolección de datos, se aplicó la prueba piloto a diez encuestados mediante el alfa de Cronbach, el cual arrojó un resultado de 0.80, indicando que el valor de consistencia es adecuado por la correlación entre los ítems, y garantizando la fiabilidad de la escala.

Las visitas de campo se realizaron en los meses de noviembre y diciembre de 2019 a coordinadores de operaciones en los municipios de Orocué, Maní, Tauramena y Monterrey, según los resultados de la aplicación del tipo de muestreo aleatorio por conglomerados. Asimismo, Casal y Mateu (2003) plantean que este muestreo divide la población en varios grupos, descartando algunos. Por lo general, los conglomerados se aplican a zonas geográficas. Luego, el análisis de los resultados se realizó con el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, versión experimental).

Resultados y discusión

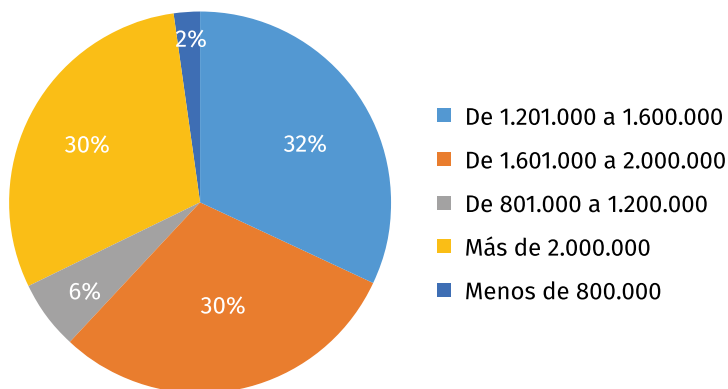
Se demostró que los actores involucrados deben entender algunos conceptos relacionados con el nivel de eficiencia de las labores agrícolas de los operarios, así como con el rango salarial y su variación, los cuales dependen de la deshonestidad del operario, calidad del fruto, la experiencia o destreza del trabajador y el cambio climático.

La relación de los salarios con la productividad del operario agrícola tuvo una respuesta neutral por el 70 % de los expertos. Según Cruz et al. (2019), se presenta una elevada rotación de personal en lo referente a las actividades agrícolas; esta situación presenta las bajas condiciones laborales e intermediación de las labores agronómicas (Pertuz & Santamaría, 2014).

Con respecto a la remuneración de los operarios agrícolas, se identificaron las variables de criterios de calidad, experiencia del operario agrícola, deshonestidad del trabajador y cambios climáticos. Es de resaltar que en la labor de cosecha la asignación salarial se calcula de manera diferente: mientras que en las demás labores se determina multiplicando la cantidad de productividad diaria por el precio, en la cosecha se debe tener en cuenta el lote (año de siembra y precio por tonelada) y las toneladas cosechadas por el trabajador (cantidad de racimos, promedio y el valor de los racimos).

Los resultados de la presente investigación convergen con lo presentado por Oliveira et al. (2011), y se constata que la experiencia es la variable que incide con mayor impacto en la variación de la retribución económica del operario agrícola, donde se demuestra que, a mayor nivel de eficiencia, mayor remuneración o asignación salarial (gráfica 1).

Gráfica 1. Promedio salarial que obtiene un operario agrícola en Casanare de acuerdo con su nivel de eficiencia



A partir del estudio realizado, el Gobierno debe implementar la política pública de empleo con el fin de generar inclusión de empleabilidad local a los habitantes de Casanare, pero posibilitando la formación por competencias en las labores agrícolas (Herrera, 2018), teniendo en cuenta que el tiempo máximo de adaptación a estas labores (fertilización, plateo mecánico, plateo químico, poda y cosecha) es de 45 días, y considerando que el sector palmicultor es relativamente nuevo en el territorio y, por ende, requiere de un proceso de adiestramiento y capacitación.

Asimismo, es notoria la alternativa de cero intermediarios para que las empresas productoras de palma de aceite puedan contratar directamente a los operarios agrícolas y mejorar sustancialmente sus condiciones laborales. Estas acciones de mejora requieren del compromiso de cada uno de los actores involucrados, con el fin de trazar un modelo de desarrollo territorial, aprovechando las ventajas competitivas y el crecimiento de los sectores empresariales.

Conclusiones

La dinámica laboral del sector palmicultor incluye diferentes labores agronómicas. El mayor nivel de eficiencia (rendimiento en la labor) se da en el ploteo químico, el ploteo mecánico y la cosecha, dada la similitud de las labores que ejercen los llaneros campesinos en los cultivos de pan coger (aquellos cultivos tradicionales del territorio, como yuca, plátano y maíz).

La asignación salarial, retribución económica o remuneración por la labor contratada depende de factores ambientales (por ejemplo, la sequía produce poca cosecha), de calidad (cada empresa productora maneja criterios de calidad por cada labor agrícola, afectando muchas veces la eficiencia del trabajador), de control (no existe un método asertivo para controlar la producción diaria de cada operario, lo que conlleva a que se presenten reportes erróneos o la “clavija” por parte de los trabajadores) y de capital humano, donde se demuestra que la experiencia en la labor juega un papel fundamental en la asignación salarial.


A pesar de que el pago por la labor contratada varía todos los meses, es importante mencionar que, a mayor eficiencia, mayor remuneración. Es decir, las labores de ploteo químico, ploteo mecánico y cosecha cuentan con un nivel de eficiencia alto en los trabajadores, siendo un ejemplo claro de relación directa entre las dos variables.

Los actores involucrados (gremio palmicultor, sociedad, academia, Gobierno) deben iniciar un proceso de empoderamiento, que conlleve a la implementación de una política pública de empleo como estrategia de inclusión y oportunidad laboral para la empleabilidad local, y al desarrollo de programas de formación por competencias como alternativa para el adiestramiento en la labor.

Referencias

- Agronet MinAgricultura. (s.f.). <https://www.agronet.gov.co/Paginas/inicio.aspx>
- Cámara de Comercio de Casanare. (2019, 31 de diciembre). *Invierta en Casanare*. Cámara de Comercio de Casanare.
- Casal, J. & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Revista Epidem. Med. Prev.*, (1), 3-7.
- Cruz, W., Avila, C., Rojas, E., Gallo, M. & Marques, N. (2019). Efectos sociales de las condiciones laborales del sector palmicultor en el municipio de Mani (Casanare-Colombia). En L. Franco (coord.), *Investigação Científica nas Ciências Sociais Aplicadas* (pp. 282-290). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.88119071021>
- DANE. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria. Colombia.

- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2019). La palma de aceite en el departamento de Casanare. <http://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/141264>
- Herrera, S. (2018). *Formulación de un plan de capacitación y adiestramiento que aumente la inclusión de la empleabilidad local en el sector palmicultor de maní, Casanare* [tesis de especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios]. Repositorio institucional. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17407>
- Morantes, C. (2019, 5 de julio). *Análisis de los riesgos de seguridad física en las estaciones de bombeo y re-bombeo de petróleo del oleoducto central (OCENSA) ubicadas en el departamento del Casanare* [tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10654/34959>
- Oliveira, M., Escobar, D., Rojas, N., Moreno, J., Quintero, C. & Tibocha, A. (2011). Caracterización del empleo en el sector palmicultor colombiano. *Cuadernos de Fe-desarrollo*, (37), 58.
- Pertuz, A. & Santamaría, Á. (2014). La palmicultura colombiana: sostenibilidad económica, social y ambiental. *Tendencias*, 15(1), 173-186. <https://doi.org/10.22267/rtend.141501.55>



Impacto de la globalización y la apertura comercial sobre la estructura y la capacidad productiva agropecuaria de Tototlán, Jalisco

José Manuel NÚÑEZ OLIVERA*
Rodolfo CABRAL PARRA**
Miguel Ángel NORIEGA GARCÍA**
Armando Antonio DOMECH GONZÁLEZ*

Resumen

Este estudio confrontó tanto la estructura como la capacidad productiva agropecuaria oficial reportada por la literatura antes de la entrada de la globalización y apertura comercial (1982) y después de esta (2018) en el municipio de Tototlán, Jalisco. Los datos recopilados fueron analizados mediante pruebas de ji al cuadrado (χ^2) al 95 % de confianza por tipo de productor. Los resultados señalan que los pequeños productores disminuyeron su presencia (20 %), al igual que los grandes (4 %), en tanto que los medianos la incrementaron (24 %). En la capacidad productiva, se observó que los pequeños productores disminuyeron su aporte (30 %) y los medianos la mantuvieron, en tanto los grandes la incrementaron (30 %).

Es indudable que la globalización y la apertura comercial afectaron de manera distinta a los productores: los pequeños resintieron mayoritariamente la pérdida de sus ingresos, en tanto que los medianos y grandes vieron incrementar sus ganancias significativamente. La descapitalización y abandono de explotaciones, la incursión en otras áreas económicas (construcción y electricidad, básicamente), el ingreso al comercio informal y la migración nacional e internacional resultaron una constante en la actividad agropecuaria del municipio. Es fundamental que las autoridades revisen la pertinencia de la política económica actual y diseñen nuevas estrategias basadas en la sustentabilidad y pago justo a los productores, en donde se fomente la producción, el compromiso social y la conservación de los recursos naturales.

Palabras clave: globalización, estructura productiva, capacidad productiva.

* Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega. nunezoliv@yahoo.com.mx | adomech@hotmail.com

** Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Norte. rodolfo.cabral@cunorte.udg.mx | miguel8x8@hotmail.com

Introducción

La globalización y, con ella, la apertura comercial inician como en nuestro país en 1982, con la presidencia de Miguel de la Madrid Hurtado, y “finalizan” en 2018 con la llegada de una nueva administración que pregona políticas humanistas y, en teoría, pone fin al predominio de la política económica neoliberal, basada en la fuerza del mercado y el poder del dinero (Núñez et al., 2018). Esta política fue implementada en México bajo el argumento de que entrar en esta dinámica permitiría crear las condiciones económicas necesarias para abatir eficazmente la pobreza y “administrar la abundancia”.

No obstante, es evidente esto no favoreció a la mayor parte de la población, pues el beneficio se limitó a un pequeño grupo de “privilegiados”. Eventualmente, el impacto negativo fue tan extendido se puede comprobar a partir de la desigualdad económica de los sectores productivos.

Las percepciones de los productores y empresarios agropecuarios divergen en función de sus capacidades materiales: sin duda, aquellos con mayores ingresos afirmaban inicialmente que este proceso había sido benéfico para su productividad y su calidad de vida (De la Cruz, 2017). En contraste, los cambios dejaron de ser tan favorables:

Gradualmente se fueron observando fenómenos como mayores jornadas laborales, acompañadas de menores salarios, desaparición de las empresas agropecuarias nacionales y en detrimento, incremento de empresas extranjeras que ‘monopolizaron’ el mercado agropecuario y que actualmente lo siguen haciendo. Sumado a esto, se observó un evidente incremento en el precio de los diversos insumos agropecuarios y, en contraparte, menores pagos por la cosecha levantada, lo que disminuyó gradualmente los ingresos y por ende la calidad de vida de una buena parte de productores (mayoritariamente los de menores ingresos y, por ende, de escasa tecnología y visión empresarial) (Núñez et al., 2020, p. 479).

Ante esta realidad, una buena cantidad de productores agropecuarios ha decidido abandonar sus tierras o animales, con lo que han modificado de manera evidente su presencia (estructura productiva) y su productividad (capacidad productiva).

¿Hasta dónde las condiciones establecidas desde la implementación de la globalización en nuestro país han provocado cambios tanto en la estructura como en la capacidad productiva de los productores de Tototlán, teóricamente con el fin de las prácticas neoliberales con el arribo de una nueva administración federal?

El objetivo de este trabajo es determinar el impacto porcentual que tuvo la globalización y, con ella, la apertura comercial durante el periodo 1982-2018 sobre la presencia

de los productores (estructura productiva) y su productividad (capacidad productiva) en el municipio de Tototlán, Jalisco. Se parte de la hipótesis de que los resultados de este proceso han tenido repercusiones sociales, culturales, políticas y medioambientales en el municipio.

Es tradicional en México que en cada cambio de administración (federal, estatal o municipal) se hable de apoyos o beneficios para los productores agropecuarios de menores ingresos, e inclusive se destinen recursos; sin embargo, la realidad al final de sus periodos de gobierno sigue siendo la misma: abandono de los productores de escasos recursos y pocos apoyos disponibles, o fuera de tiempo, cuando ya las condiciones son otras y no se requiere necesariamente del insumo (Núñez et al., 2016), provocando menor productividad y, por ende, menores recursos e ingresos familiares, lo que se traduce en el detrimento de la calidad de vida de los productores y sus familias.

Metodología

Se presenta una investigación exploratoria y explicativa del impacto de la globalización y de la apertura comercial sobre la presencia y capacidad productiva de los diversos tipos de productores agropecuarios presentes en el municipio de Tototlán, Jalisco.

Los productores agropecuarios se identificaron con base en los recursos económicos utilizados en sus explotaciones (tierras cultivables o animales de calidad), la tecnología implementada y la infraestructura, maquinaria y equipo disponible. Para esto, se revisó la literatura oficial disponible en cuanto a la presencia de productores tanto a nivel nacional como estatal en 1982 (antes del comienzo de la globalización).

La selección de productores fue azarosa, a partir de las listas de organizaciones municipales de productores agropecuarios en Tototlán, de acuerdo con los porcentajes de presencia oficiales (60 % para pequeños, 30 % para medianos y 10 % para grandes productores) reportados por las instancias del ramo (Fideicomiso de Riesgo Compartido, 1985, 2015; Sagarpa, 1990; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Se entrevistaron a los productores agropecuarios en sus mismas explotaciones, además de empresarios y académicos del ramo sobre su percepción personal acerca del impacto de la globalización en el avance del sector. Las entrevistas fueron aplicadas por estudiantes de las licenciaturas de Agronegocios, Administración y Negocios Internacionales del Centro Universitario de la Ciénega (CUCiénega). La muestra consistió en 50 productores totales, de los que 30 fueron pequeños (60 %), 15 medianos (30 %) y 5 grandes (10 %).

La estructura productiva previa a 1982 se tomó de la literatura disponible en aquellos momentos (Álvarez et al., 1997; Fideicomiso de Riesgo Compartido, 1985). Fundamentalmente, se consideraba el número de animales o tierras arables disponibles (riego y temporal) como el factor principal para la delimitación de la estructura de productores

en Jalisco. En 2018, esta fue determinada por los estudios de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación (Sagarpa, 2020), con base en factores como el número de animales explotados y tierras agrícolas para la siembra, la tecnología usada, la calidad genética del ganado y la calidad o fertilidad de la tierra, el tipo de alimentación e infraestructura, además de las prácticas de manejo en las explotaciones.

Los datos fueron analizados mediante pruebas de ji al cuadrado (χ^2) al 95 % de confianza, con tablas de contingencia donde las variables fueron la estructura productiva, la capacidad productiva y el tipo de productor.

Las estadísticas oficiales disponibles sobre la riqueza nacional generada (producto interno bruto) muestran el empobrecimiento paulatino del campo mexicano en cada sexenio presidencial antes y después de la globalización. Así, el cuadro 1 resume las tasas de crecimiento del producto interno bruto de 1934 a 1982 y de 1982 al 2018.

Cuadro 1. Pre- y posglobalización: porcentaje del crecimiento promedio anual del producto interno bruto 1934-2018

Inicio	Fin	Presidente en turno	Porcentaje de crecimiento
1934	1940	Lázaro Cárdenas del Río	4.52
1940	1946	Manuel Ávila Camacho	6.15
1946	1952	Miguel Alemán Valdés	5.78
1952	1958	Adolfo Ruíz Cortines	6.42
1958	1964	Adolfo López Mateos	6.73
1964	1970	Gustavo Díaz Ordaz	6.75
1970	1976	Luis Echeverría Álvarez	6.16
1976	1982	José López Portillo	6.51
1934	1982	<i>Promedio periodo (48 años) preglobalización</i>	6.13
1982	1988	Miguel de la Madrid Hurtado	0.18
1988	1994	Carlos Salinas de Gortari	3.91
1994	2000	Ernesto Zedillo Ponce de León	3.39
1982	2000	<i>Promedio periodo (18 años)</i>	2.49
2000	2006	Vicente Fox Quezada	2.32
2006	2012	Felipe Calderón Hinojosa	1.80
2000	2012	<i>Promedio periodo (12 años)</i>	2.06
2012	2018	Enrique Peña Nieto	2.50
1982	2018	<i>Promedio periodo (36 años) posglobalización</i>	2.35

Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2018).

Sagarpa (2015, 2016) coincide con la interpretación, presentando que hasta el 60 % de los apoyos o subsidios fueron entregados a los productores de mayores ingresos en 2006-2012; 25 % a productores medianos, y solo 15 % a pequeños.

Esto hace suponer que, indudablemente, los políticos que atendieron a los productores del sector agropecuario en el periodo 2006-2012 entregaron los apoyos disponibles de manera selectiva, guiándose más por la influencia y el poder económico de los grandes productores que en la verdadera necesidad de los productores de menores ingresos.

Los principales problemas referidos en estudios previos (Núñez et al., 2018) a la problemática son los insumos costosos y pagos insuficientes (márgenes de ganancia limitados); crecimiento de negocios de financiamiento conocidos regionalmente como “recibas de granos”; presencia de “enganchadores” (que explotan laboralmente a los jornaleros); ausencia de capacitación y equipo para las jornadas de trabajo, y explotación laboral de campesinos de escasos recursos, que incluye la explotación laboral infantil y a comunidades indígenas.

Como complemento al panorama agropecuario nacional, de 2008 a 2018 destaca que se importó el 95 % de oleaginosas y soya, el 70 % de arroz, el 40 % de la carne de puerco y el 30 % del maíz (Inegi, 2018). Somos incapaces de producir lo que nuestro pueblo consume al 100 %, hecho que nos convierte en un país importador o comprador, dependiente de los alimentos del exterior.

Conviene señalar que, para un país importador, alcanzar hasta el 25 % de importaciones de sus alimentos es visto como algo *normal* o *razonable*, debido a la diversidad de climas y condiciones específicas en cada país; pero en México se importa hasta el 45 %, incluyendo maíz y frijol, dos *íconos* de la alimentación mexicana. Esto dimensiona la problemática.

Resultados y discusión

En el cuadro 2 se observan las diferencias entre la presencia de los productores y su capacidad productiva, reportada tanto en México como en Jalisco en 1982, y en 2018 en Tototlán.

Cuadro 2. Relación entre la estructura y la capacidad productiva
en 1982 en Jalisco y en 2018 en Tototlán

Relación productiva agropecuaria	Porcentaje		
	Pequeños	Medianos	Grandes
Productores en México y Jalisco en 1982	60	30	10
Productores en Tototlán en 2018	40	54	6
Diferencias entre México y Jalisco (1982), y Tototlán (2018)	-20	+24	-4
Capacidad productiva de los productores agropecuarios de México y Jalisco en 1982	40	20	40
Capacidad productiva de los productores agropecuarios de Tototlán en 2018	10	20	70
Diferencias entre México y Jalisco (1982), y Tototlán (2018)	-30	0	+30

Fuente: elaboración propia con base en Sagarpa (1982).

Los pequeños productores disminuyeron su presencia de un periodo a otro en un 20 %; su capacidad productiva, un 30 %. Una posible explicación está en la necesidad de obtener recursos económicos suficientes para mantener su nivel de vida, que los obliga a pensar en otras opciones para obtenerlos, como la migración nacional e internacional que es la más frecuente.

Por su parte, los productores medianos ganaron presencia en un 24 %, y mantuvieron su porcentaje de aporte en la producción sin cambio alguno de un periodo a otro; estos presentaron la mayor variación en cuanto a su presencia entre los tres.

En cuanto a los grandes productores, estos disminuyeron su presencia en un 4 % e incrementaron su aportación productiva hasta en un 30 %. Estos números establecen con certeza que los únicos productores que incrementaron verdaderamente su capacidad productiva fueron los grandes, quienes a pesar de ver disminuida su presencia, incrementaron sustancialmente su productividad. Así las cosas, los pequeños (-20 %) y grandes (-4 %) disminuyeron su presencia y los medianos productores la incrementaron en un 24 %.

Solo los pequeños disminuyeron su capacidad productiva (-30 %), en tanto que los medianos se mantuvieron con su mismo aporte y los grandes productores son los únicos que la incrementaron en el mismo porcentaje que los pequeños la perdieron (+30 %).

Se observó una notoria disparidad en las oportunidades, impactos y apoyos económicos entre los productores (desigualdad evidente), en función de su tipología (tecnología, infraestructura y recursos implementados en sus explotaciones); así como la dismi-

nución evidente en la cantidad de ingresos económicos percibidos por tipo de productor y que, por ende, inciden directamente en su calidad de vida.

Destaca que el mercado agropecuario está monopolizado por industrias o empresas extranjeras, desplazando al producto nacional, además de que el país ya manifiesta una dependencia de insumos y productos importados, principalmente alimentos.

Los precios elevados de los insumos agropecuarios y los bajos pagados por el producto obtenido (agrícola o pecuario) establecen bajos márgenes de ganancia, afectando mayoritariamente a los pequeños y medianos productores. Aunado a ello, los apoyos y subsidios oficiales son insuficientes, y son entregados mayoritariamente fuera de tiempo y a los productores de mayores ingresos. Esto ha posibilitado que los intermediarios se extiendan (recibas de maíz), quienes funcionan como prestamistas, con el agravante de aplicar tasas elevadas de interés que disminuyen significativamente las ganancias de los productores que recurren a estos. La repercusión más significativa es el incremento de la pobreza alimentaria, evidenciada también en la modificación de hábitos alimenticios.

El abandono del campo y la descapitalización de explotaciones productivas han incrementado la migración nacional e internacional. Encontramos en las explotaciones agropecuarias mayor presencia de adultos de la tercera edad y de mujeres, ya que los hombres jóvenes y adolescentes ya no lo ven como una opción de crecimiento o son captados por el crimen organizado. Con ello, deberíamos considerar también la pérdida de identidad (adopción de esquemas extranjeros en sustitución de los nacionales: música, léxico, actitudes, etc.).

No existe una visión “sustentable” en el uso de los recursos en la mayor parte de los productores agropecuarios, independientemente de su estrato, lo que incide directamente sobre la escasa conservación de los recursos naturales. Se observa la tendencia de que, a mayor producción, mayor abuso de recursos naturales: deforestación, pérdida de agua y fertilidad de tierras cultivables (abuso de fertilizantes y herbicidas químicos).

Conclusiones

El análisis final de los resultados lleva a concluir que efectivamente tanto la globalización como la apertura comercial (1982-2018) provocaron que los pequeños productores disminuyeran tanto su presencia como su aporte productivo; los medianos incrementaron su presencia y mantuvieron su aporte productivo, y solo los grandes fueron los únicos que disminuyeron su presencia y aumentaron de manera considerable su capacidad productiva.

Así, la percepción casi generalizada de que la globalización y la apertura comercial han provocado mayor pobreza y mayor desigualdad económica en el campo parecen tener certeza en el municipio de Tototlán, Jalisco. Esto se hizo más evidente entre los productores: a mayor capacidad económica, mayor beneficio.

Es evidente que tanto la productividad como la calidad de vida se modificaron a partir de las prácticas globalizadoras y la apertura comercial presente en nuestro país. Se observan evidentes modificaciones no solo económicas, sino además sociales, culturales, políticas y medioambientales entre los productores agropecuarios de Tototlán.

Es urgente establecer de manera veraz, oportuna y constante, políticas públicas dirigidas a cada estrato de productor de Tototlán, ya que cada factor analizado está condicionado por este. Es una prioridad el entender que cada tipo de productor tiene condiciones y problemas distintos y, por lo tanto, deben abordarse estrategias de solución desde perspectivas diferentes.

La implementación de programas de asesoría técnica por tipo de productor deben ser imperativos en cada uno de los municipios por lo menos de Jalisco, aunque idealmente de todo México, y no solo en Tototlán, fomentando la creatividad e innovación. Estos programas deben fomentar la visión de sustentabilidad en los procesos productivos de los productores agropecuarios, poniendo énfasis no solo en el aspecto económico, sino en el social (inclusión y calidad de vida) y ambiental (preservación de los recursos naturales).

Referencias

- Álvarez, M., García, H., Del Valle, C. & Martínez, E. (1997). Análisis de los sistemas nacionales lecheros de México, Canadá y Estados Unidos. En L. García et al. (coords.), *Los sistemas nacionales lecheros de México, Estados Unidos y Canadá y sus interrelaciones*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas; Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco.
- De la Cruz, J. (2017). La responsabilidad de contar con una política industrial integral. En A. Oropeza (coord.), *Desarrollo industrial 2050: hacia una industria del futuro* (pp. 53-72). Instituto para el Desarrollo Industrial y el Crecimiento Económico; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. (1985). *Estructura productiva en México*. Fideicomiso de Riesgo Compartido.
- (2015). *Situación de la agricultura jalisciense*. Fideicomiso de Riesgo Compartido.
- Gallegos, H. (2012). *El campo y su desarrollo*. Reverte.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2018). Anuario estadístico agropecuario para el estado de Jalisco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Núñez, J., Cabral, R., Noriega, M. & Godínez, J. (2018). Globalization and Quality of Life in Different Types of Agricultural Producers of the Northern Region of the State of Jalisco, Mexico. *Journal Schools of Economic Thought and Methodology*, 2(3). http://www.rinoc.org/cameroon/schools_of_economic_articles.html

- Núñez, J., Cabral, R., Noriega, M., Godínez, J. & Lomelí, S. (2020). Análisis integral de la situación actual del sector agropecuario del estado de Jalisco. Periodo 1982-2018. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 46, 474-485. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14163631009>
- Núñez, J., Lomelí, S., Cabral, R., Noriega, M., Cárdenas, J. & Correa, A. (2016). Productivity, Commercialization and Quality of Life in the Dairy Producers of the “Cienega” Region of Jalisco, Mexico. *Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary*, 16(5), 19-26.
- Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación. (2012). *Análisis y problemática actual del campo y la agricultura en México*. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación.
- (2014). *Efectos de la globalización en la seguridad alimentaria*. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación.
- (2015). *Productividad en el campo mexicano. ¿Una falacia?* Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación. (1982). *Desarrollo agrícola y pecuario en México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación.
- (1990). *Desarrollo agrícola en México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación.
- (2015). *Evolución del campo mexicano*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación.
- (2016). *¿El campo mexicano en crisis?* Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación.
- (2020). *Anuario productivo nacional 2020*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Problemática del campo mexicano*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Investigación Permanente

Reflexiones multidisciplinares: una visión de las ciencias hacia el desarrollo regional y la sustentabilidad

II

Propuestas de desarrollo tecnológico sustentable





Propuesta técnica para la producción de bovinos de carne en el municipio de Villa Guerrero, Jalisco

Irma ROBLES RODRÍGUEZ*
Quich'Pan Colel CASTRO ANGULO
Noemí del Carmen RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

Resumen

La región norte del estado de Jalisco, particularmente el municipio de Villa Guerrero, se destaca como productor de becerros de engorda. Los productores cuentan con experiencia para desarrollar la actividad, pero múltiples factores han elevado sus costos de producción, por lo que se designó al Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara el proyecto de diagnóstico, transferencia de tecnología y soporte técnico para identificar las necesidades e implementar acciones que coadyuven a mejorar las condiciones de la ganadería en el municipio.

Se diseñó un cuestionario para conocer las condiciones en que operan las unidades de producción, que fue aplicado al azar a 40 productores. La información evidenció las principales necesidades de los ganaderos, que se atendieron a través de capacitación, giras de intercambio y transferencia tecnológica. Los resultados más relevantes fueron el establecimiento de parcelas de nopal forrajero y pastos, la prueba piloto de enriquecimiento proteico de nopal, la rehabilitación de agostaderos y cursos-taller de erradicación de garrapata, fertilización. Las acciones implementadas requieren seguimiento, ya que el futuro de la ganadería es realizar la actividad de forma sustentable. Lo propuesto e implementado se ubica dentro del mediano y largo plazo.

Palabras clave: bovinos de carne, sustentabilidad, sostenibilidad, rentabilidad.

* Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Norte.

irma.robles@academicos.udg.mx | quichcastroangulo@hotmail.com | noemirodriguez@cunorte.udg.mx

Introducción

El municipio de Villa Guerrero se encuentra en la región norte del estado de Jalisco, México, a aproximadamente 230 km al norte de Guadalajara, con una superficie de 74 816.52 hectáreas. La mayor parte del suelo tiene fines agropecuarios, destinándose el 19.91 % para la agricultura mecanizada continua, el 6.35 % para la agricultura de temporal, el 19.91 % de praderas inducidas para uso pecuario y un 26.38 % de agostadero, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005).

Dado que el 46.3 % del territorio se usa para la ganadería, fue necesario la unión de los productores, por lo que se conformó la Asociación Ganadera Local de Villa Guerrero. Todos los ganaderos realizan trámites para compraventa de ganado a través de esta asociación, y acceden a apoyos gubernamentales, generalmente, de forma individual.

Sin embargo, dado que las condiciones de la producción ganadera se han modificado en los últimos años, es necesario que los productores se reorganicen para poder hacer más eficientes sus unidades ganaderas. Por ello, la Secretaría de Desarrollo Rural, a través del Programa de Desarrollo Territorial, trata de que las agrupaciones de productores lleguen más allá de solamente solicitar apoyos aislados, pues busca que se organicen también para la producción y se inserten adecuadamente dentro de las cadenas productivas con los mejores márgenes de ganancia en el sector primario del país. Esto incrementaría la calidad de vida de las familias mexicanas, sobre todo de regiones marginadas.

Por lo ya expuesto, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural designó mediante un convenio al Centro Universitario del Norte (CUNorte), de la Universidad de Guadalajara, el Programa de Desarrollo Territorial de bovinos de carne Villa Guerrero. La finalidad fue diagnosticar el sistema de producción bovinos carne e implementar acciones a través de la transferencia de tecnología y soporte técnico para aportar opciones que puedan mejorar las condiciones de la ganadería en la zona.

Es importante recalcar que los productores que fueron integrados se localizan en 29 localidades que están consideradas de alta y muy alta marginación. Dada la importancia de la actividad en la región, este trabajo tiene el objetivo de dar a conocer los resultados y avances de las acciones llevadas a cabo.

Dentro del diagnóstico, se deja claro que el problema prioritario es el abastecimiento de agua para que abreve el ganado. Y es que para poder rotar los potreros y hacer eficiente el uso de los recursos forrajeros con los que se cuenta en los agostaderos es necesario construir varios bordos dentro de los terrenos utilizados. Sin embargo, debido a las horas máquina que representaba realizarlos todos, fueron ubicados cuatro bordos de uso común de forma estratégica, para que los ganaderos utilicen el agua que se almacene en época de lluvias.

Además del agua, otro rubro importante en la ganadería es la alimentación, ya que aproximadamente el 70 % de la inversión en una unidad de producción pecuaria está destinada a este concepto, y más aún si se trata de ofrecer a los animales alimentos que contengan proteína; por ello, se ofrecen cuatro alternativas para este problema.

Se implementaron 27 parcelas demostrativas de nopal forrajero de 500 plantas cada una, ya que las condiciones de suelo, clima y precipitación pluvial son aptas para el desarrollo de este cultivo. Lo anterior tiene la finalidad de que, en un futuro, los ganaderos puedan ofrecer a los animales pencas de nopal enriquecidas a través de un proceso microbiológico y de adición de urea y sulfato de amonio, lo cual permite elevar el contenido de proteína de la mezcla hasta un 27 % cuando la temperatura ambiente está entre 22 y 30 °C, debido al crecimiento poblacional de la levadura que se le adiciona. Es importante destacar que se realizó una prueba piloto con la finalidad de que la tecnología fuera adoptada y evaluada por el productor.

Otra acción significativa fue la instalación de un macrotúnel y malla sombra para la germinación de árboles forrajeros para que los productores del programa lo utilicen de manera permanente y estén germinando y reforestando año con año sus agostaderos.

Además, debido a que los productores ya tienen experiencia en el establecimiento de parcelas de pasto, se les propuso aquellos que han demostrado ser eficientes en la región y tienen un alto valor nutricional.

Otro problema que se identificó fue la muerte de animales por enfermedades ocasionadas por garrapatas. Por ello, se diseñó un taller de soporte técnico para que conocieran el ciclo de vida de la garrapata, estrategias para erradicarla y cómo usar los productos veterinarios para tal fin.

Metodología

El diagnóstico comenzó necesariamente con la búsqueda de información en fuentes primarias relacionadas con características socioeconómicas (población, infraestructura, tenencia de la tierra, abastecimiento de insumos), así como datos relacionados con componentes físicos (clima, suelos, hidrografía) y la actividad agrícola y ganadera. Luego, se continuó con la búsqueda y procesamiento de mapas, y recorridos de campo. Finalmente, se tomó una muestra de 40 productores, integrantes del Programa de Desarrollo Territorial, para aplicar encuestas relacionadas a las unidades de producción familiar bovino carne.

El instrumento aplicado se dividió en diez temas que se consideraron básicos para generar la propuesta tecnológica. Entre los puntos incluidos se consideraron localidad, conformación del hato, finalidad zootécnica, medicina preventiva, reproducción, razas, parámetros productivos y reproductivos, alimentación (pastoreo, uso de concentrados,

cultivos forrajeros), infraestructura (incluyendo fuentes de abastecimiento de agua) y comercialización.

A la par, se realizó muestreo de pastos nativos, inducidos y suelo con la finalidad de que en etapas posteriores se dieran a conocer resultados y recomendaciones a los ganaderos. Posterior a ello, se hizo un análisis de los resultados con el instrumento aplicado y, una vez hecho lo anterior, se realizó un programa de trabajo en coordinación con la Comisión Técnica del Programa de Desarrollo Territorial.

Resultados y discusión

Debido a que el municipio de Villa Guerrero se encuentra dentro de una zona libre de brucelosis y tuberculosis, tiene una larga tradición dentro del mercado de exportación de becerros en pie hacia los Estados Unidos, así como también, debido a que se manejan razas y cruza que dan como resultado canales de excelente calidad, los animales también son buscados para ser finalizados en otros estados del país.

Pese a esta ventaja competitiva, los costos de producción, específicamente los que se relacionan con la alimentación, se han elevado considerablemente, entre otras cosas, debido a la extrema sequía y a un mal manejo de los agostaderos.

La población atendida por el Programa de Desarrollo Territorial de Villa Guerrero se ubica en Ciénega de los Márquez, San Lorenzo de Azqueltan, Adjuntas del Norte, Rancho de Enmedio (Manillas), Puerto del Viento, Las Conchas (La Concha), Juana-catic, La Guácima, Los Valles, El Baño, El Carnicero, La Nopalera, La Labor, El Pirul, San Antonio, Izolta, Patahuac, Los Sauces, Tlacuitapan, La Boquilla, Santa Rita, Ojo de Agua de Cardo, San Buena Ventura, San Juan, Zacatequillas, Capellanía, El Patio, La Aviación y La Cofradía.

En el diagnóstico, el mayor problema se relacionó con el desabasto de agua, por lo que para los integrantes del programa lo más importante era abastecer los agostaderos a través de obras de captación a través de bordería. Este factor para los ganaderos es el elemento más valioso para la producción pecuaria.

Autores como Pordomingo (2013) mencionan que la provisión del agua a los hatos ganaderos debe tener la capacidad para asegurar al menos 70 litros por animal por día en periodo de sequía y la mitad en época de lluvias; se utiliza el valor de 7 litros/50 kg de peso vivo. Este aspecto toma gran preminencia en las zonas áridas y semiáridas del país, como es el caso de la región, específicamente de Villa Guerrero. Además, el agua es necesaria para la producción de forraje y pastos en sus agostaderos.

Para los integrantes del programa, la escasez de agua es tan grande que se ven obligados a acarrearla hacia los agostaderos para el consumo directo de los animales en época de estiaje, para poder aprovechar adecuadamente el forraje que aún se encuentra

disponible en los potreros. Por ello, se elevan los costos de producción debido al combustible que se utiliza para tal fin, así como a la mano de obra requerida. Cabe señalar que, con los resultados del diagnóstico realizado, se tomó la decisión de construir cuatro bordos comunitarios, enlistados a continuación.

- El Baño. Beneficiario directo: Hugo Alberto Valdez Correa; 25 beneficiarios indirectos.
- Patoltita. Beneficiario directo: José Flores Sánchez; 10 beneficiarios indirectos.
- La Ciénega. Beneficiario directo: José Guadalupe García Gándara; 16 beneficiarios indirectos.
- La Escondida. Beneficiario directo: Audel de Jesús González García; 39 beneficiarios indirectos.

El sistema vaca-becerro es el que predomina con los productores de Villa Guerrero. Se basa fundamentalmente en una fuente de ingresos dominante que es la venta de becerros al destete; ya que, por lo corto del período de alimentación del ganado, el sistema se adapta a que las crías se desarrollen adecuadamente durante la época en que existen las condiciones ideales (90-120 días), además de que permite que las vacas se preñen nuevamente en el período de lluvias. Lo anterior concuerda con lo mencionado por Martínez (2000), quien escribe que el manejo del ganado se favorece por la extracción total de los becerros (machos) antes de la escasez de forraje.

El sistema de producción vaca-becerro se caracteriza por ser extensivo, en el que los animales se encuentran en pastoreo, en agostaderos en los que generalmente el forraje disponible proviene de varias especies de pastos nativos. Estos tienen la característica de conformar una mezcla que provee a los animales de los nutrientes necesarios para su desarrollo en el caso de crías y para el mantenimiento cuando se trata de reproductores. Sin embargo, ello se ha modificado en varias regiones ganaderas, como es el caso de Villa Guerrero, debido al sobrepastoreo, la sequía y mal manejo de agostaderos, entre otras cosas, situación que ha generado escasez de alimento para los animales, pérdida de especies valiosas nutricionalmente hablando, aumento de malezas, suelos desnudos y, por lo tanto, erosionados. Esto ha llevado a los productores de ganado bovino a la necesidad de cultivar espacios forrajeras como el maíz para complementar la alimentación animal.

Cabe mencionar que la siembra de maíz representa una oportunidad de abastecimiento de forraje para el periodo de estiaje; no obstante, aunque los productores la llevan a cabo, ha significado grandes pérdidas, ya que la siembra en su mayoría es de temporal y cuando la precipitación pluvial es escasa, como ocurrió en el 2019, la pérdida es devastadora, debido a los altos costos de los insumos requeridos. Sembrar maíz de temporal, en la actualidad, es una inversión de alto riesgo.

Algunos otros productores han encontrado una mejor opción con la siembra de pastos inducidos; si el temporal no es tan bueno, los pastizales no se pierden en su totalidad, ya que al producir semillas suelen “resembrarse” de forma natural en temporada de lluvias.

Aun así, el desabasto de alimento persiste y más si se trata de ofrecer alimentos que contengan proteína. Los productores en general la adquieren de insumos como la soya y canola o algún alimento balanceado, pero a costos muy elevados, por lo que solo se suministra a sementales y vacas paridas en muy mal estado de carnes.

Atendiendo esta problemática, se ofrecieron cuatro alternativas. La primera consistió en plantar 27 parcelas demostrativas de nopal forrajero. Se optó por este cultivo debido a que es muy tolerante a la sequía y, aunque llueva muy poco, es una planta que se desarrolla sin ninguna afectación (Vázquez et al., 2008). Además, los productores tienen aprecio por esta especie, ya que con nopal silvestre *chamuscado* han logrado mantener sus hatos ganaderos en años de sequía extrema.

La variedad que se eligió fue nopal forrajero esmeralda italiano, el cual se plantó de acuerdo con las recomendaciones de Flores-Ortiz y Reveles-Hernández (2010), plantándose en franjas (camas) de cuatro hileras a distancia de 80 cm entre plantas y 80 cm entre hileras, en un diseño de tres bolillos (intercalado), dejando un surco entre franjas para las labores del corte y deshierbe, y pasillos de servicio de 4 m cada cinco franjas. También se recomienda la poda de sanidad en enero y febrero de cada año, eliminando pencas dañadas por frío o enfermedades, así como la fertilización orgánica usando estiércol seco incorporado a la base de la planta y la cosecha con cuchilla con el corte específico en el punto de unión de pencas, brotes o tunas.

Cabe mencionar que la finalidad de sembrar nopal forrajero es implementar la transferencia de tecnología de enriquecimiento proteico del nopal. El proceso se realiza mediante la fermentación semisólida del nopal cortado (sustrato) con la adición de la levadura del tipo *Sacharomyces cerevisiae* (1 %), urea (0.5 %) y sulfato de amonio (0.05 %) durante seis horas (30 minutos de movimiento y 30 de reposo programado).

En el cuadro 1 se confirma que la fermentación permite el notable incremento del contenido de proteína cruda (27.5 %) y la drástica disminución de carbohidratos (37.2 %) al compararse con el nopal sin procesar (3.91 y 61.2 %). El periodo de fermentación por 6 horas permite disminuir el riesgo de la variación de la temperatura ambiente, ya que está comprobado que las temperaturas arriba de 30 y debajo de 22 °C afectan el proceso de fermentación, originando que el contenido de proteína cruda se reduzca hasta el 17.4 % y la concentración de carbohidratos no fibrosos permanezca alto (44 %). Una condición ideal de temperatura es de 25 °C, admitiendo la variación de ± 3 °C; además, en una condición favorable se logra reciclar la levadura (4 litros de jugo fermentado) hasta por una semana sin disminución notoria de la proteína cruda. La levadura (jugo) una vez captado se debe mantener en refrigeración a 6 o 10 °C (Flores-Ortiz & Reveles-Hernández, 2010).

PROPUESTA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BOVINOS DE CARNE
EN EL MUNICIPIO DE VILLA GUERRERO, JALISCO

Cuadro 1. Combinado: modificación del biodigestor técnico y rústico

Componente	Antes	Después	
		*Combin	Técnico
Proteína (% materia seca)	5.1	18.62	23.56
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.35	2.42	2.55
Carbohidratos (% materia seca)	46.8	24.67	27.41
Minerales (% materia seca)	17.8	19.03	19.23
Materia seca (%)	10.2	9.81	10.74

Fuente: Flores-Ortiz y Reveles-Hernández (2010).

Mientras los productores conocían la técnica a detalle y corroboraban la aceptación y resultados en rumiantes, se organizó una gira de intercambio tecnológico a la empresa Sabagro S. P. R. de R. L. en la comunidad del Durazno, Jerez, Zacatecas. Asistieron 20 integrantes del programa, estando presentes durante el proceso de elaboración y comprobación de palatabilidad de la mezcla al ser servida a los animales. De igual manera, se visitó la huerta de nopales de donde se obtiene la materia prima.

También se realizó una prueba piloto del enriquecimiento de nopal para que el productor la implementara y evaluara; para esto, se seleccionaron cinco becerras de seis meses de edad, con características fenotípicas dominantes de cruza europea, herradas con la figura 07, registradas en la unidad de producción pecuaria (5)141157211001.

Los animales ingresaron el 30 de marzo del 2020 y la práctica concluyó, para este registro, el 1 de junio de 2020. Durante este periodo se les estuvo alimentando con nopal enriquecido, haciendo una adaptación gradual de la dieta (con cuatro modificaciones), quedando como se muestra en el cuadro 2.

PROPUESTA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BOVINOS DE CARNE
EN EL MUNICIPIO DE VILLA GUERRERO, JALISCO

Cuadro 2. Modificación de raciones de animales participantes en la prueba

	Dieta			
	1	2	3	4
Inicio	30 de marzo	13 de abril	27 de abril	11 de mayo
Final	13 de abril	27 de abril	11 de mayo	25 de mayo
Nopal	40	50	75	85
Maíz molido	10	12	15	16
Rastrojo	25	22	18	20
Minerales	.250	.250	.300	.300
Grasa de sobrepaso	.250	.500	.750	.800
Total	75.50	84.75	109.05	122.1

El proceso de enriquecimiento de nopal se llevó a cabo por la tarde, considerándose la mejor hora según los registros de temperatura. La alimentación se proporcionaba dos veces al día, a las 9:00 y a las 17:00. La determinación de la ganancia de peso vivo de los animales se describe en el cuadro 3.

Cuadro 3. Ganancia total de peso de animales por semana

Arete	30/3	6/4	13/4	20/4	27/4	4/5	11/5	18/5	1/6	Ganancia
4809	240	243	248	262	265	280	292	294	300	60
4825	245	248	250	267	275	285	297	300	312	67
4824	221	232	230	247	254	258	274	278	278	57
4814	196	200	205	214	221	228	242	246	256	60
4811	214	222	224	240	250	258	266	275	288	74

Como se puede observar, con la mezcla se obtuvo una ganancia diaria que osciló entre 904 y 1 117 g/día. Al calcular los costos, se obtiene que con esta técnica es posible un ahorro de \$4.90 por día por animal, valor que puede modificarse de acuerdo con las condiciones particulares de cada unidad de producción.

Es importante destacar que para que un productor pueda ofrecer esta suplementación al ganado de manera permanente el nopal silvestre sería insuficiente, además de que contribuiría al deterioro del ecosistema; por lo tanto, se propone la plantación de 5 000 plantas de nopal forrajero en media hectárea para cada uno de los productores del Programa de Desarrollo Territorial.

Otra acción de significativa importancia, dado que los productores ya tienen experiencia en la siembra de pastos, es demostrar que existen alternativas que han demostrado ser eficientes en la región, y además tienen un alto valor nutricional.

Para esto, se establecieron tres parcelas demostrativas. La primera opción se buscó para siembra de riego y se eligió un pasto de corte, el Cuba 22 (*Pennisetum spp.*), de al menos tres producciones al año dependiendo de la etapa de corte, con la finalidad que lo pudieran aprovechar los pocos productores que tienen riego, ya que es una planta de rápido crecimiento, tallos y hojas completamente lisos, no contiene espinas y su follaje se dobla desde edades muy tempranas, alcanzando una talla de 1.5 a 1.8 metros de altura.

La segunda y la tercera especie se eligieron por ser pastos nativos. Se encontraron algunas plantas de estas, pero muy escasas, con lo que se puede fundamentar que antes existían, pero debido a su buena calidad y al sobrepastoreo han ido desapareciendo.

Se implementaron dos parcelas, una de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*), que tiene una altura de planta 71 cm, y otra de pasto navajita (*Bouteloua gracilis*), con una altura de la planta de 61 cm. Ambos presentan calidad forrajera respecto a pastos de origen africano, además de tolerancia al frío y a la sequía, condiciones que encontramos en el municipio de Villa Guerrero; por ello, se recomienda su siembra en las partes más altas de los agostaderos, y dejarlos como reserva y utilizarlos en época seca (enero a junio), ya que aún henificados conservan su calidad nutricional y palatabilidad.

Las especies de pasto ya mencionadas junto a pastos ya adaptados en los agostaderos, como estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y pasto rhodes (*Chloris gayana*), ambos gramíneas, que prosperan en una amplia gama de suelos (ácidos o salinos) y toleran la sequía y el frío, son excelentes opciones para comenzar con la revegetación de los agostaderos y aumentar el forraje.

Otra acción realizada para disminuir los altos costos generados por la compra de alimentos balanceados fue la implementación de árboles forrajeros para banco de proteína en los agostaderos con especies naturalizadas. Estos, a la vez, reducen el grave deterioro del ecosistema e incrementan la disponibilidad de alimentación en época de verano, lo que asegura la sostenibilidad a través de la intensificación apropiada en el uso de la tierra (Vázquez et al., 2008).

Dado que es una propuesta a largo plazo y que se necesitarán esfuerzos contantes para llevarla a cabo, se compraron un macrotúnel y malla sombra para la germinación de árboles forrajeros para que los productores los utilicen de manera permanente y estén germinando y reforestando. Estas fueron las variedades que se eligieron:

- Huache (*Leucaena leucocephala*). Especie forrajera considerada de mayor rendimiento en biomasa y con un alto contenido de proteína (Casanova et al., 2019). El rendimiento de materia

seca (MS) por hectárea a los 57 días de edad es de 928.6 kg de forraje comestible (fracción hojas y tallos tiernos no fibrosos) con un contenido de proteína cruda de que oscila entre 18.5 a 22 %.

- Mezquite (*Prosopis juliflora*). Los árboles de esta especie son aptos para la obtención de forraje útil en la alimentación del ganado, leña y pueden usarse como fuente de néctar para abejas (Ríos et al., 2011).
- Temachaca (*Lysiloma acapulcense*). Árbol de 3 a 6 m de alto, “armado en grado variable, con inflorescencias en racimos de color amarillo y vainas glabras de entre 10 y 15 cm de largo” (Taisma, 2017).
- Guamúchil (*Pithecellobium dulce*). Árbol para la formación de forraje para ganado, rico en proteínas (Parrotta, 2000). Esta variedad fue desarrollada exclusivamente para los productores que tienen sus agostaderos en las localidades de Izolta, La Guácima, Ciénega de Márquez y San Lorenzo de Atzqueltan porque solo en ese clima se desarrolla, ya que las heladas del resto de las localidades no les permite el crecimiento.

En agosto de 2020 se entregaron 1 200 árboles forrajeros para ser trasplantados en ese periodo de lluvia. Es recomendable que a cada hectárea que se siembre de pasto se le integre un banco de proteína.

Otro problema sustancial que se puso en evidencia fue la infestación de bovinos por garrapatas del género *Boophilus*, causante de grandes pérdidas económicas debido a la muerte de animales y costo de tratamientos. Por ello, se ofreció un curso-taller sobre manejo y control de garrapatas, donde se identificaron las etapas, el crecimiento y desarrollo de la garrapata *Boophilus*, estrategias para erradicarla e información del uso de productos veterinarios. Como práctica, se cargó y dosificó el baño garrapaticida de la Asociación Ganadera de Villa Guerrero, Jalisco.

Conclusiones

A lo largo de este trabajo se reflejan las necesidades de un grupo de ganaderos, destacándose la falta de agua para la producción animal. Aunque se dio un avance sustancial a este rubro, el problema persiste y el agua sigue siendo la prioridad. Por este motivo, se propone nuevamente el apoyo a bordería como proyecto estructural para el crecimiento y desarrollo de la cadena productiva bovinos carne. Es importante que en apoyos posteriores puedan ser ubicados directamente en los predios ganaderos para minimizar el impacto sobre el consumo de forraje del agostadero y la pérdida de peso de los animales al caminar hasta el abrevadero común, pudiendo desplazar el agua a través de tuberías a los depósitos de agua más pequeños.

De igual forma, se reflejó la alimentación dentro de las necesidades más apremiantes, y aunque se realizaron acciones de validación, transferencia de tecnología e incluso se implementaron parcelas demostrativas en las que el grupo de ganaderos participó con mucho interés, es importante que se dé seguimiento para consolidar las acciones que se iniciaron, e incluso que puedan realizarse otras que las complementarán.

No cabe duda de que para mejorar la ganadería existen múltiples acciones que pueden llevarse a cabo, que pueden ejercerse en cualquier parte de la cadena productiva; sin embargo, es importante reconocer que, aunque la comercialización es crucial en cualquier empresa, también lo es permitir que desde la producción de becerros existan las condiciones que permitan la sustentabilidad y rentabilidad de la actividad.

Referencias

- Casanova, F., Díaz, V., Escobedo, A., Cetzal-Ix, W. & Soria, M. (2019). *Paquete tecnológico para el establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles con Leucaena leucocephala en el sur de Quintana Roo, México*. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Chiná; Instituto Tecnológico de la Zona Maya.
- Flores-Ortiz, M. & Reveles-Hernández, M. (2010). Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. *Revista Salud Pública y Nutrición*, edición especial, (5), 198-210.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2005). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
- Martínez, O. (2020). *Situación productiva y de mercado del sistema vaca-cría en la costa tropical de Veracruz* [trabajo de licenciatura, Universidad Veracruzana]. <https://www.uv.mx/personal/avillagomez/files/2020/01/2020-MartinezGarcia-Monografia-LAI.pdf>
- Parrotta, J. (2000). *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamúchil. Leguminosae Mimosoideae. Familia de las leguminosas. Subfamilia de las mimosas. U.S. Forest Service Silvics of Forest Trees of the American Tropics. https://www.researchgate.net/publication/267840516_Pithecellobium_dulce_Roxb_Benth_Guamuchil_Leguminosae_Familia_de_las_leguminosas_Mimosoideae_Subfamilia_de_las_mimosas
- Pordomingo, A. (2013). Feedlot. Alimentación, diseño y manejo. EEA Guillermo Covas INTA Anguil. https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_feedlot_2013.pdf
- Ríos, J., Trucíos, R., Valenzuela, L., Sosa, G. & Rosales, R. (2011). *Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México*. Instituto Nacional de Investiga-

PROPUESTA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BOVINOS DE CARNE
EN EL MUNICIPIO DE VILLA GUERRERO, JALISCO

ciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. https://www.researchgate.net/profile/Julio-Rios-Saucedo/publication/304749878_Importancia_de_las_poblaciones_de_mezquite_en_el_norte-centro_de_Mexico/links/5779af0508ae4645d611f27c/Importancia-de-las-poblaciones-de-mezquite-en-el-norte-centro-de-Mexico.pdf

- Taisma, M. (2017). Usos medicinales de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. en comunidades rurales de la península de Paraguaná, Venezuela. *Revista Peruana de Biología*, 24(1), 79-86. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13105>
- Vázquez, R., Valdez, R., Gutiérrez, E. & Blanco, F. (2008). Caracterización e identificación de nopal forrajero en el noreste de México. *Revista Salud Pública y Nutrición*, edición especial, (14), 21-36.



Avances en diseño de reactor de transesterificación

Samuel Joab BALTAZAR ALVARADO*

Raúl QUIROZ MARTÍNEZ

Ángel Andrea CARRERA MÁRQUEZ

Resumen

En la elaboración de tostadas y frituras a nivel industrial se obtiene como residuo aceite vegetal quemado, el cual es catalogado como un residuo peligroso. Con el fin de darle un uso a este residuo, se busca generar biodiésel que pueda ser aprovechado en los vehículos de reparto de las empresas de este giro. Para la realización de este proyecto se toman los datos de una empresa que elabora tostadas en la región norte de Jalisco y produce 30 litros de aceite residual a la semana. En este trabajo se presentan los avances en el diseño de un reactor de transesterificación automatizado. Se calculan las dimensiones de los diferentes recipientes del reactor. Para los procesos que requieren agitación, se seleccionaron agitadores de tipo turbina de seis palas alimentados por motores de 1/10 de HP. Se calcularon las potencias de las bombas hidráulicas que van desde 0.2 a 1.5 W. El diseño propone en el sistema de lavado un sistema tipo atomización. Todas estas consideraciones pretenden optimizar el proceso de obtención de biodiésel para la empresa de estudio.

Palabras clave: biodiésel, reactor de transesterificación, aceite usado, biocombustible.

* Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Norte.

sb.samuel2104@gmail.com | rqm4444@gmail.com | aandreacarrera748@gmail.com

Introducción

Uno de los biocombustibles que más ventajas ha demostrado tener es el biodiésel, pues estos presentan un bajo impacto ambiental; “se describe químicamente como una mezcla de esteres de alquilo (metilo y etilo principalmente), con cadenas largas de ácidos grasos” (García-Díaz et al., 2013). Este biocombustible se utiliza en motores de combustión interna desde su forma pura B100, y en forma de mezclas que van del 20 al 80 % (B20, B50 y B80), siendo el B20 la forma más común en México; también se puede utilizar como aditivo en una concentración no mayor al 5 % (García & Masera, 2016).

La obtención de biodiésel se realiza por diferentes procesos que van desde la biosíntesis con microalgas hasta procesos químicos como la microemulsión, pirólisis, dilución y la transesterificación (Lin et al., 2011). La reacción de transesterificación es la más utilizada y se lleva a cabo a partir de un aceite vegetal y un alcohol en presencia de un catalizador, comúnmente alcalino; esta es una reacción típica de los triglicéridos donde además se obtiene como subproducto glicerina (Vasudevan & Briggs, 2008).

Para lograr que el biodiesel se convierta en una alternativa energética real, se necesita que este producto no solo presente características equivalentes a las del petrodiesel, sino también que en el conjunto de procesos de obtención se consigan balances energéticos positivos y llegue al mercado con un costo similar al del diésel de petróleo (Medina et al., 2012, p. 63).

El aceite de fritura usado es una de los mejores bases para producir el biocombustible, pues es barato y no compite económicamente con otros sectores como el alimenticio o el farmacéutico; además, esta es una excelente forma de manejarlo como residuo (Alfonso, 2013).

Para obtener el mejor rendimiento de la reacción, se deben controlar parámetros como la temperatura, el pH, la velocidad de agitación y la relación aceite-catalizador (Álvarez, 2009). Un reactor que permita controlar de manera sistemática estos parámetros ayudará al aprovechamiento óptimo de la materia prima.

Los procesos industriales son continuos o por lotes. “Un proceso continuo que simplifica algunos de los pasos de mezclado de reactivos o separación de productos, resultaría idóneo, pues disminuiría el costo de la planta, el costo de operación y mantenimiento” (Evangelista-Flores et al., 2014, p. 484).

En una tostadería al norte del estado de Jalisco se obtiene como residuo aceite vegetal quemado, el cual la NOM-052-SEMARNAT-2005 lo cataloga como un residuo peligroso. En este trabajo se presenta una propuesta de diseño para un reactor de transesterificación que permita un proceso continuo de la transformación de este residuo en biodiésel.

Metodología

La recolección del aceite se realizará dentro de la empresa. Al momento de cambiar el aceite de fritura será depositado en recipientes de acero inoxidable. Al aceite usado solo se le dará un tratamiento de filtración en una malla 18 mesh y el aceite filtrado será alimentado de forma manual al reactor de transesterificación. A continuación, se describen las actividades del diseño del reactor de transesterificación.

Diseño del reactor de transesterificación

Para este proyecto se planteó un reactor de transesterificación continuo con una capacidad de 30 litros, que es la cantidad semanal de aceite residual que se obtiene en la tostadería. Se realizó el diseño asistido por computadora en el programa SolidWorks; a todos los volúmenes de los recipientes se les dio un 20 % de sobrediseño. El material seleccionado es acero inoxidable AISI 304, ya que es comercialmente común y con la suficiente resistencia mecánica y química (Metalium, s.f.).

Diseño de recipientes

Para el cálculo del espesor de la lámina de los tanques se utilizó el método de un pie (Barcelona, 2020) que aplica para tanques de diámetro pequeño (>60 m). Con este método se calcula el espesor requerido por condiciones de diseño y por prueba hidrostática (ecuación 1).

$$t_d = \frac{0.0005D(h-30.48)G}{S_d} + C \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde t_d es el espesor en condiciones de diseño (mm), D es el diámetro nominal del tanque (cm), h es la altura del nivel del líquido (cm), G es la densidad relativa del líquido, S_d es el esfuerzo permisible (MPa) y C es la corrosión permisible (mm). Acorde a la revisión bibliográfica, S_d para el acero AISI 304 a 90 °C es 115 MPa y la corrosión permisible recomendable es de 0.6 mm (González, 2018).

Además, se considera que algunos líquidos estarán sometidos a agitación, por lo que habrá un incremento en el nivel del líquido. Para calcular la variación de altura se utilizó la ecuación 2 (Çengel & Cimbala, 2006), donde Δh es la variación de la altura, w es la velocidad de agitación (rpm), r es el radio propuesto del recipiente (m) y g es la gravedad (9.81 ms^{-2}). Para este caso, se utilizó una velocidad de 300 rpm (Tejada et al., 2013).

$$\Delta h = \frac{w^2 r^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2}$$

Selección del sistema de agitación

Para el proceso de agitación se debe seleccionar el impulsor adecuado, que puede ser de tipo pala, paleta o ancla. La elección del agitador dependerá del volumen que se agitará y la viscosidad del fluido (Castillo, 2013). Para este caso de estudio, se toma en consideración el volumen de 0.042 m³ y la viscosidad de la glicerina (1.5 Nms⁻²), ya que es el fluido más viscoso que se encontrará en el sistema.

El impulsor a elegir será accionado por un motor eléctrico. Para determinar la potencia necesaria para la agitación se utilizó la ecuación 3 (Walas, 1988), donde P es la potencia (W), K_L es un factor que depende de la geometría del agitador, n es la velocidad de agitación (rps), D es el diámetro del agitador (m) y μ es la viscosidad (Nms⁻²).

$$P = K_L n^2 D^3 \mu \quad \text{Ecuación 3}$$

Cálculo de bombas hidráulicas

“La bomba hidráulica es un dispositivo que transforma energía mecánica (torque y velocidad del motor) en hidráulica (caudal)” (Robles, 1997); dicho dispositivo no genera presión, solo caudal. Estas serán utilizadas para el transporte de los fluidos de un recipiente a otro. Para calcular la potencia de las bombas hidráulicas necesarias se utilizó la ecuación 4 (Mataix, 2004), donde P es la potencia (W), ρ es la densidad (kgm⁻³), g es la gravedad (9.81 ms⁻¹), h es la altura (m) y Q es el flujo volumétrico (m³s⁻¹).

$$P = \rho g h \dot{V} \quad \text{Ecuación 4}$$

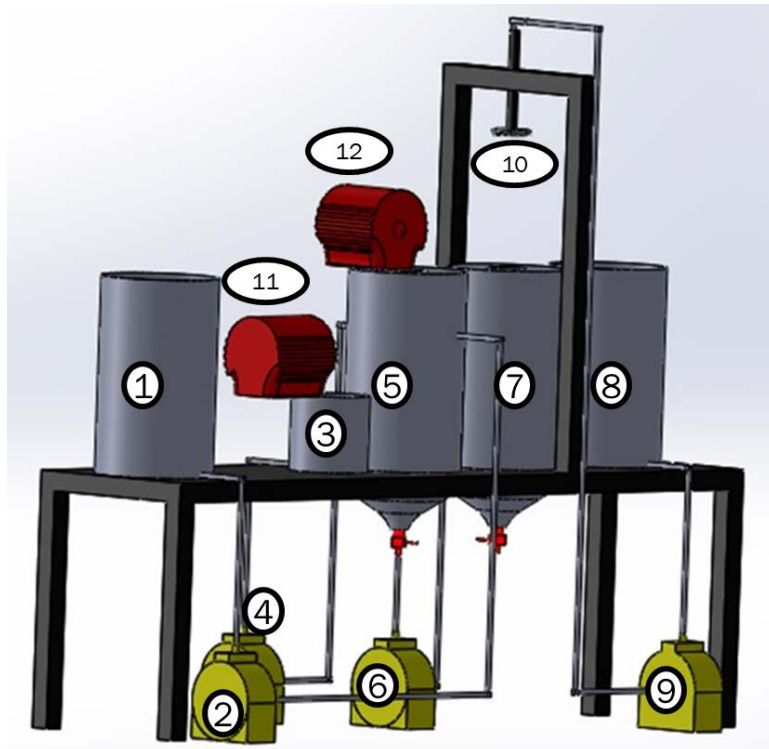
Resultados y discusión

Diseño del reactor de transesterificación continuo

En la figura 1 se muestra la propuesta de diseño del reactor de transesterificación. El recipiente 1 es donde se almacenará el aceite quemado. En el recipiente 3 se mezclará el catalizador KOH y el metanol; la agitación será mediante el motor (11) y la alimentación del recipiente será manual. Por medio de las bombas (2 y 4) los fluidos pasarán al recipiente 5, donde se lleva a cabo la reacción de transesterificación. Este dispositivo cuenta con una resistencia para proporcionar calor a la reacción y será agitado por el motor (12).

Después del tiempo programado, con ayuda de la bomba (6), el fluido pasará al recipiente 7, donde se hará la separación de biodiésel y subproductos; con una electroválvula y un sistema de sensores se extraerá la glicerina por la parte inferior. Al biodiésel que quede en el recipiente se le agregará agua con el atomizador (10); el agua para lavado vendrá del recipiente (8) con ayuda de la bomba (9). El proceso de lavado se hará tres veces y mediante electroválvulas se extraerá el biodiésel del recipiente (7).

Figura 1. Propuesta de diseño



Diseño de recipientes

Se consideró un diámetro de 30 cm para los recipientes cilíndricos de mayor volumen y de 20 cm para el de mezcla del catalizador. La altura se ajustó a la capacidad del recipiente y se utilizó la ecuación 1 para la selección del calibre. Los resultados se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Calibre de las láminas del recipiente

Recipiente	Figura 1	Capacidad (litros)	Diámetro (cm)	h (cm)	Espesor (cm)	Calibre de la lámina
Reactor	1	42	30	59.4	0.603	22
Tanque de catalizador + metanol	3	6	20	19.0	0.599	24
Almacenamiento de aceite quemado	5	36	30	50.9	0.602	22
Tanque de lavado	7	40	30	56.5	0.603	22
Almacenamiento de agua	8	20	30	28.3	0.599	24

En el cuadro 2 se muestran las dimensiones finales de los recipientes. Para el caso del reactor y del tanque catalizador + metanol se utilizó la ecuación 2 para calcular la variación de altura del líquido. Las alturas se ajustaron al múltiplo de 5 superior más cercano.

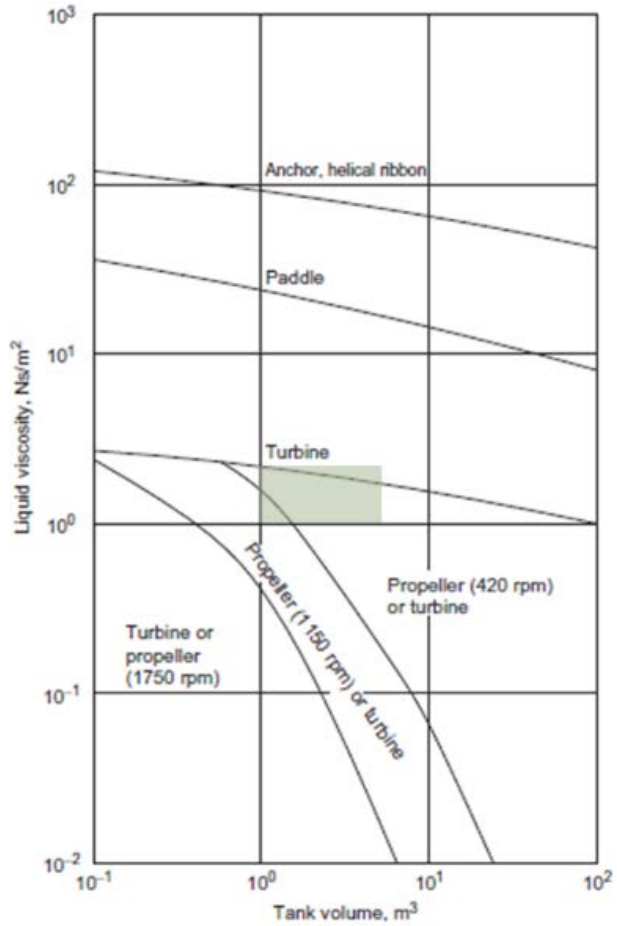
Cuadro 2. Dimensiones finales de los recipientes

Recipiente	Figura 1	Capacidad (litros)	Diámetro (cm)	h (cm)	Δh (cm)	h final (cm)
Reactor	1	42	30	59.4	5.8	70
Tanque de catalizador + metanol	3	6	20	19.0	2.5	25
Almacenamiento de aceite quemado	5	36	30	50.9	—	55
Tanque de lavado	7	40	30	56.5	—	60
Almacenamiento de agua	8	20	30	28.3	—	30

Sistema de agitación

El tipo de agitador se seleccionó utilizando la gráfica 1.

Gráfica 1. Selección de un agitador, dependiendo de la viscosidad del líquido a mezclar y el volumen del tanque



Fuente: elaboración propia con base en Walas (1988).

Los parámetros de operación del reactor se encuentran dentro de zona sombreada, por lo que se seleccionó un agitador tipo turbina de seis palas como se muestra en la figura 2. Al ser agitadores con dimensiones específicas, se plantea el uso de manufactura asistida por computadora para su creación. El diámetro del agitador del reactor será de 24 cm y para el tanque del catalizador el diámetro es de 16 cm.

Figura 2. Agitador tipo turbina de seis palas



Utilizando la ecuación 3, se calculó que la potencia necesaria para el proceso de agitación debe de ser de 0.45 HP. A partir de este dato se seleccionó un motor 115/220 V y $\frac{1}{10}$ HP con una velocidad máxima de 1550 rpm; este motor cumple con las características necesarias para el proceso y con la normatividad eléctrica del país.

Cálculos de bombas hidráulicas

En el cuadro 3 se muestran los datos utilizados para el cálculo de la potencia (ecuación 4) de las diferentes bombas hidráulicas.

Cuadro 3. Potencia de bombas hidráulicas

Bomba	Fluido	ρ (kg /m ³)	h (m)	\dot{V} (m ³ /s)	Potencia (w)
2	Aceite	910	1.3	0.00012	1.4
4	Metanol	787	1.3	0.00002	0.2
6	Biodiésel	900	1.2	0.00014	1.5
9	Agua	997	1.2	1.667E-05	0.2

Aunque ya se tienen calculadas las potencias de las bombas, la selección de la misma es parte de la siguiente parte del proyecto, ya que las características de estas dependen de las propiedades químicas de los fluidos a bombear.


Conclusiones

Se propone el diseño de un reactor de transesterificación automático para la conversión en biodiésel del aceite vegetal residual que se produce semanalmente en una empresa de fabricación de tostadas. El diseño se compone de cinco recipientes, cuatro bombas y dos motores para agitación. Los agitadores serán tipo turbina de seis palas. Este trabajo representa el 70 % de avance del diseño, asimismo en los trabajos posteriores se trabajará la automatización del sistema. Con este diseño se pretende un proceso continuo y dinámico que opere en las mejores condiciones para aumentar el rendimiento de la reacción y así producir mayor biocombustible, que será utilizado en los vehículos de la empresa.

Referencias

- Alfonso, J. (2013). *Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio* [tesis de maestría, Centro de Investigación en Materiales Avanzados]. Repositorio CIMAV. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/349>
- Álvarez, C. (2009). *Transesterificación de aceite vegetal para la producción de biodiésel mediante catálisis enzimática con lipasas de Bacillus spp.* [tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California]. Repositorio CICESE. <http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/1152>
- Castillo, V. (2013). Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf
- Çengel, Y. & Cimbala, J. (2006). *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones*. McGraw Hill.

- Evangelista-Flores, A., Alcántar-González, F., Ramírez, N., Cohen, A., Robledo-Pérez, J. & Cruz-Gómez, M. (2014). Diseño de un proceso continuo de producción de biodiésel. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(2), 483-491. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382014000200013&lng=es&nrm=iso
- García, C. & Maser, O. (2016). *Estado del arte de la bioenergía en México*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Red Temática de Bioenergía. <https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2020/12/6d95688b94fb96e56675c3ff6387225f-2.pdf>
- García-Díaz, M., Gandón-Hernández, J. & Maqueira-Tamayo, Y. (2013). Obtención de biodiésel a partir de aceite comestible usado. *Tecnología Química*, 33(2), 483-491. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000200005&lng=es&nrm=iso
- González, D. (2018). *Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura* [trabajo de grado, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales]. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/51986/>
- Lin, L., Cunshan, Z., Vittayapadung, S., Xiangqian, S. & Mingdong, D. (2011). Opportunities and challenges for biodiesel fuel. *Applied Energy*, 88(4), 1020-1031. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.09.029>
- Mataix, C. (2004). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. Marcombo.
- Medina, I., Chávez, N. & Jáuregui, J. (2012). Biodiesel, un combustible renovable. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 20(55), 62-70. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67424409008>
- Metalium. (s.f.). Acero inoxidable. https://metalium.mx/acero-inoxidable/acero-inoxidable-aisi-304/AISI_304
- Robles, A. (1997). *Teoría de máquinas hidráulicas*. Universidad de Murcia.
- Tejada, C., Tejada, L., Villabona, A. & Monroy, L. (2013). Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. *Luna Azul*, (36), 10-25. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742013000100002&lng=en&tlng=es
- Vasudevan, P. & Briggs, M. (2008). Biodiesel production—current state of the art and challenges. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 35(5), 421. <https://doi.org/10.1007/s10295-008-0312-2>
- Walas, S. (1988). *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann.



Evaluación de la actividad lipolítica y proteolítica en manzana de coco (*Cocos nucifera* L.) del estado de Oaxaca, México

Raúl Balam MARTÍNEZ PÉREZ*
Gislane BRICEÑO ISLAS*
Lourdes Mariana DÍAZ TENORIO**
Judith Esmeralda URÍAS SILVAS*

Resumen

La manzana de coco (haustorio) se forma durante la germinación del coco y es un producto poco consumido y, por lo tanto, estudiado. Debido a que el haustorio es rico en ácidos grasos de cadena media (ácido dodecanoico) y proteínas con alto contenido en valina, leucina y ácido aspártico, este estudio se enfocó en cuantificar la actividad de enzimas lipasas/esterasas y proteolíticas presentes en el haustorio de coco. Las lipasas/esterasas pH (5.0 y 8.0) mostraron mayor especificidad por *p*-nitrofenil butirato (77.5 ± 5.0 mU/mL), mientras que para *p*-nitrofenil laurato y *p*-nitrofenil palmitato la actividad fue de 27.7 ± 3.5 , 5.5 ± 1.2 mU/mL, respectivamente. Mediante zimografía se observaron cinco bandas con actividad lipolítica. Por otro lado, la actividad proteolítica a pH 5.0 y 8.0 fue 43.9 ± 3.6 , 28.3 ± 1.2 mU/mL, respectivamente; además, se logró observar una banda de bajo peso molecular con actividad proteolítica a pH alcalino. Estos resultados sugieren que haustorio tiene una batería enzimática que trabaja en condiciones ácidas y alcalinas, y es capaz de hidrolizar sustratos lipídicos de cadena corta y larga, así como sustratos proteínicos a pH ácido y alcalino.

Palabras clave: *Cocos nucifera* L., haustorio, lipasas/esterasas, proteasas.

* Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco.

rbmperez@gmail.com | gibriceno_al@ciatej.edu.mx | jurias@ciatej.mx

** Instituto Tecnológico de Sonora. lourdes.diaz@itson.edu.mx

Introducción

La palabra *coco* proviene del portugués *cocu*, que hace referencia al fruto del cocotero y proviene de la similitud que tiene con la cara de un mono (McCurrach, 1970). El cocotero (*Cocos nucifera L.*) es conocido comúnmente como “el árbol de la vida”, ya que tiene una gran variedad de usos, lo cual le ha permitido colocarse en el doceavo lugar dentro de la lista de especies de plantas que son usadas como alimentos para el ser humano (Granados & López, 2002). Cuenta con más de 100 productos, los cuales van desde utensilios hasta aquellos de alto valor agregado, destacándose principalmente la lechada, la fibra, el coco deshidratado, el carbón de la concha, la copra (pulpa) y el aceite (Granados & López, 2002).

El cocotero tiene una amplia distribución alrededor del mundo, desde regiones tropicales y subtropicales de África, hasta el Caribe y América del Sur. En México, el cocotero ha prosperado en las regiones tropicales y subtropicales del Pacífico, golfo y Caribe. En la primera, el estado con mayor productividad es Guerrero, seguido por Colima, Oaxaca, Michoacán, Sinaloa, Jalisco y Chiapas; en el golfo y el Caribe, Tabasco, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Esto contribuye a que México sea el octavo productor mundial, con 1 158 471 toneladas anuales (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017). Su demanda va en acenso, ya que se ha abierto un gran interés por el aceite de coco virgen debido a sus propiedades nutricionales y fisicoquímicas (Marina et al., 2009).

Por su importancia, el coco ha sido objeto de estudio desde el punto de vista bioquímico y nutricional (Appaiah et al., 2014), destacando enzimas que llevan a cabo la transformación del aceite de la pulpa y el agua (Balasubramanian & Boopathy, 2013; Soumya & Abraham, 2010). Sin embargo, poca atención se ha prestado a la manzana del coco, la cual se forma durante el proceso de germinación, en donde la porción distal del embrión del coco se desarrolla para formar el tejido esponjoso conocido comúnmente como manzana (haustorio), que se encarga de la absorción de nutrientes, y va creciendo hasta que el endospermo desaparece por completo en la nuez (Li et al., 2019). Este proceso requiere de enzimas para poder generar la energía para el desarrollo del nuevo cocotero, principalmente lipolíticas (lipasas/esterasas) y proteasas. Sin embargo, se desconoce la especificidad por la cadena de acilo de las enzimas lipolíticas que se han estudiado con anterioridad en haustorio de coco (Balasubramaniam et al., 1973) y hasta donde tenemos conocimiento no se han reportado enzimas proteolíticas.

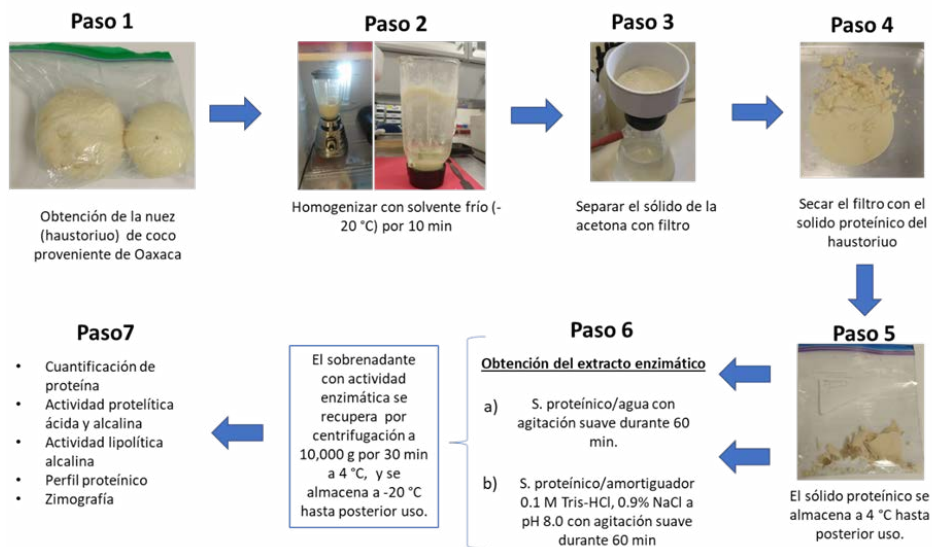
Debido a lo anterior, este trabajo se enfoca en conocer la batería enzimática conformada por hidrolasas lipolíticas y proteolíticas de la manzana de coco y su especificidad por diferentes sustratos con condiciones variables de pH.

Metodología

Extractos enzimáticos

Para la obtención de los extractos enzimáticos, se utilizaron cocos del estado de Oaxaca, los cuales fueron obtenidos con vendedores locales. Los cocos con edad mayor a 12 meses fueron seleccionados para la extracción del haustorio. Los extractos enzimáticos se preparan por dos métodos, con agua destilada y con un amortiguador TRIS-HCl 50 mM, pH 7.0 con un 0.9 % de NaCl (figura 1) (Yeşiloğlu & Demirkan, 2010); los extractos enzimáticos del haustorio se prepararon con dos soluciones, con agua Milli-Q y con un amortiguador TRIS-HCl 0.1 M, NaCl 0.9 % y pH 8.0 (figura 1).

Figura 1. Pasos para la obtención y análisis de los extractos enzimáticos



Cuantificación de proteína

La concentración de proteína de haustorio se determinó de acuerdo con el método de Bradford (1976), utilizando suero de albúmina bovino como proteína estándar.

Cuantificación de la actividad proteolítica

La actividad proteolítica total ácida se determinó utilizando hemoglobina bovina (Hb; 0.5 % p/v) como sustrato (Birschbach et al., 2004). Brevemente, la hemoglobina fue solubilizada en amortiguador de acetato de sodio 50 mM, pH 5.0; entonces, 500 μ L de Hb se mezclaron con 20 μ L de extracto enzimático y se incubó la mezcla durante 30 minutos a 25 °C. Posteriormente, se detuvo la hidrólisis añadiendo 250 μ L de ácido tricloroacético al 20 % p/v, y se centrifugó la mezcla de reacción a 10 000 g por 10 minutos a 4 °C. Los péptidos generados por la hidrólisis de la hemoglobina fueron detectados espectrofotométricamente a 280 nm. Los blancos fueron elaborados como anteriormente se describe, pero sin la utilización de enzima. La actividad proteolítica se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{U}{mL} = [Abs\ 280\ nm \times Vol.\ total\ de\ reacción\ (mL)] \div [0.051 \times 30 \times Vol.\ enzima\ (mL)]$$

Donde 0.051 pertenece al coeficiente de extinción molar de la tirosina.

Para cuantificar la actividad proteolítica alcalina se utilizó azocaseína 0.5 % (p/v) como sustrato. Brevemente, la azocaseína se disolvió en amortiguador TRIS-HCl 50 mM, pH 8.0, y se mezclaron 20 μ L de extracto enzimático con 250 μ L de azocaseína y 250 μ L de amortiguador TRIS-HCl 50 mM, pH 8.0. La mezcla de reacción se incubó por 30 minutos a 25 °C; posteriormente, se adicionaron 250 μ L de ácido tricloroacético al 20 % (p/v) para detener la reacción de hidrólisis, y se centrifugó a 10 000 g durante 10 minutos a 4 °C. El sobrenadante fue recuperado y se midió la absorbancia a 366 nm.

Todos los ensayos se realizaron por triplicado; el blanco se realizó con las condiciones antes descritas, pero sin la adición de enzima. Las unidades de actividad proteolítica se expresaron como el cambio en la absorbancia por minuto por mL de extracto enzimático (García-Carreño & Haard, 1993). Se utilizó la siguiente fórmula para cuantificar las unidades de actividad enzimática:

$$U = Abs\ (366\ nm) \times min^{-1} \times mL^{-1}$$

Cuantificación de la actividad lipolítica

La cuantificación de la actividad lipolítica se determinó utilizando un método colorimétrico en continuo. Se empleó *p*-nitrofenil butirato (pNPB; 10 mM), *p*-nitrofenil laurato (pNPL; 10 mM) y *p*-nitrofenil palmitato (pNPP; 10 mM) como sustratos, disueltos en terbutanol. La emulsión con los diferentes ésteres de *p*-nitrofenol se realizó con amortiguador TRIS-HCl, 50 mM a pH 8.0 y 0.1 % de Tritón X-100, en donde una parte de sustrato en terbutanol se mezcla con nueve partes de solución amortiguadora.

Una vez realizada la emulsión en esas proporciones, se tomaron 40 μ L de extracto enzimático y se homogenizaron con 160 μ L de emulsión. El seguimiento de la reacción de hidrólisis se monitoreó durante 15 minutos a 37 °C, con lecturas cada 30 segundos a una longitud de onda de 410 nm. Una unidad de actividad lipolítica (U) corresponde a la cantidad de enzima capaz de liberar un μ mol de *p*-nitrofenol por minuto en las condiciones ensayadas (Mateos-Díaz et al., 2012). La fórmula para calcular las unidades de actividad se describe a continuación:

$$\frac{U}{mL} = [\Delta DO/min] \times [L/A] \times [V/\epsilon]$$

Donde $\Delta DO/min$ es la velocidad de reacción en Abs/min, A representa la cantidad de muestra enzimática usada durante el análisis en mL, V es el volumen de reacción, L es el trayecto óptico en cm y ϵ es el coeficiente de extinción molar en L/(mol \cdot cm).

Electroforesis

La identificación de las lipasas/esterasas y proteasas se llevó a cabo mediante métodos electroforéticos. Se usaron geles de poliacrilamida en condiciones reductoras y nativas de 0.75 mm al 12 y al 10 % para condiciones reductoras y nativas, respectivamente. Brevemente, 12.5 μ L de extracto enzimático se mezclaron con 12.5 μ L de una solución que contenía un 25 % de glicerol, 10 % de SDS y 0.5 % de bromofenol azul. Las proteínas de las muestras se separaron a 15 mA y 4 °C (Laemmli, 1970). Posteriormente, para revelar el perfil de proteínas, el gel fue revelado por inmersión en una solución de azul de Coomassie (R-250) 0.1 %, ácido acético 7.5 % y metanol 5 % a temperatura ambiente, por lo menos durante 60 minutos, y fue desteñido con una solución de ácido acético 10 % y metanol 40 %.

La zimografía fue realizada a partir de los geles reductores (SDS). Posterior a la corrida electroforética, el gel fue recuperado y se le realizaron dos lavados de un minuto

con agua destilada; después, se equilibraron los geles en una solución amortiguadora (50 mL de TRIS-HCl 50 mM, pH 8.0 y 1 % de Tritón X-100 para condiciones alcalinas, y amortiguador de acetatos 50 mM, pH 5.0 y Tritón X-100 al 1 % para condiciones ácidas) durante 30 minutos y a temperatura ambiente, con agitación suave. Posterior al equilibrio, el gel inmerso en una solución con 100 μ M de 4-metilumbeliferil butirato (MUF-Butirato) como sustrato, en amortiguador ácido o alcalino, se incubó durante 10 minutos a temperatura ambiente (Diaz et al., 1999). El revelado se llevó a cabo bajo luz ultravioleta. En el caso de los zimogramas a partir de los geles nativos, se omitieron los pasos de lavado e incubación con Tritón X-100 y se pasó directamente a la solución con sustrato.

Resultados y discusión

Identificación de enzimas lipolíticas en manzana de coco

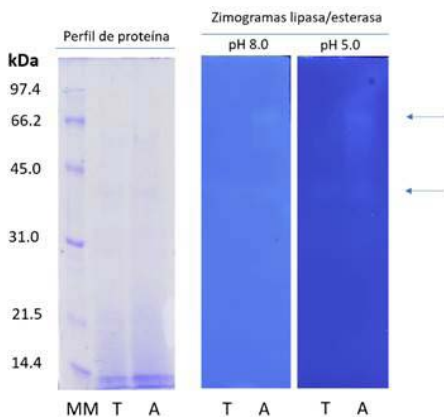
Al analizar los extractos mediante zimografía, se lograron detectar dos bandas diferentes con actividad lipolítica cuando el extracto fue obtenido con agua Milli-Q, a diferencia de la extracción con amortiguador, donde solo se detectó una banda de actividad (figura 2). Las enzimas detectadas mostraron una masa molecular mayor a los 35 kDa y presentaron actividad de hidrólisis del 4-metilumbeliferil butirato a pH ácido (5.0) y pH alcalino (8.0), lo cual indica que el rango de pH en el cual pueden llevar a cabo la catálisis es amplio. Resultados similares han sido encontrados en enzimas lipolíticas de *Helianthus annuus* (girasol), *Zea mays* (maíz) y *Brassica campestris* (mostaza) (Akhter et al., 2020).

Por otro lado, las proteasas no pudieron ser visibles en condiciones desnaturalizantes no reductoras (en geles de electroforesis de poliacrilamida con dodecilsulfato de sodio); sin embargo, en condiciones nativas se logró detectar una banda de baja masa molecular con la capacidad de llevar a cabo la hidrólisis de caseína únicamente a pH alcalino (8.0), con lo cual, hasta nuestro conocimiento, tenemos la primera vez que se detecta actividad proteasa en la manzana de coco.

En el caso de las enzimas lipolíticas, se detectaron en condiciones nativas alrededor de seis enzimas (figura 3), de las cuales las de menor masa molecular mostraron una mayor actividad a pH 5.0. Se han reportado enzimas en el coco que trabajan a condiciones ácidas; por ejemplo, la peroxidasa trabaja a pH óptimo de 4.5 en el agua de coco (Balasubramanian & Boopathy, 2013). La adaptación de las enzimas de coco puede deberse a que esta se forma a partir del agua de coco, la cual tiene un pH de alrededor de 6.0, y en su formación las enzimas lipolíticas deben tener la capacidad de adaptarse a los cambios metabólicos que sufren durante la germinación, produciendo una batería de enzimas capaces de llevar a cabo la hidrólisis de lípidos en distintos pH.

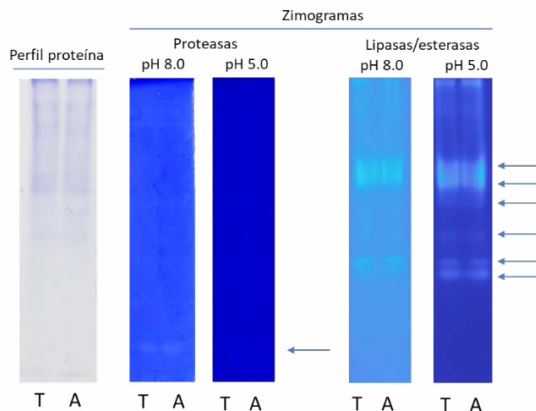
EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LIPOLÍTICA Y PROTEOLÍTICA EN MANZANA DE COCO
(*COCOS NUCIFERA L.*) DEL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

Figura 2. Perfil de proteína y zimograma de lipasa/esterasa del extracto enzimático a diferentes pH, en condiciones desnaturalizantes no reductoras



Nota: las flechas indican la localización de las bandas proteínicas con actividad lipolítica. MM: marcador de masa molecular; T: extracto enzimático obtenido con amortiguador TRIS-HCl 0.1 M, 0.9 % NaCl a pH 8.0; A: extracto enzimático obtenido con agua Milli-Q.

Figura 3. Perfil de proteína y zimograma de hidrolasas del extracto enzimático a diferentes pH y en condiciones nativas

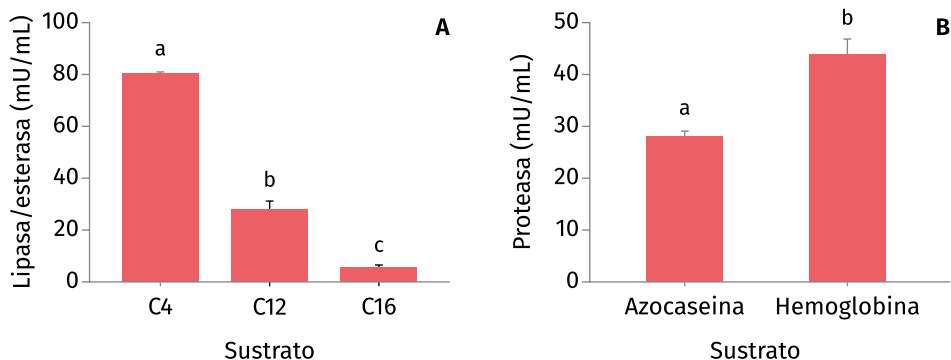


Nota: las flechas indican la localización de las bandas proteínicas con actividad lipolítica. MM: marcador de masa molecular; T: extracto enzimático obtenido con amortiguador TRIS-HCl 0.1 M, 0.9 % NaCl a pH 8.0; A: extracto enzimático obtenido con agua Milli-Q.

Actividad lipolítica en manzana de coco

Las enzimas lipolíticas encontradas en la manzana de coco tienen especificidad por cadenas de acilo de ácidos grasos de corto tamaño (figura 4A); sin embargo, no pierden la capacidad de llevar a cabo la hidrólisis de ácidos grasos de cadenas largas (como el ácido láurico y el palmítico), lo cual es similar a lo reportado en otros estudios relacionados con semillas en plantas (Barros et al., 2010; Lin et al., 1986). Las proteasas del extracto de la manzana de coco demostraron ser efectivas en la hidrólisis de azocaseína y de hemoglobina *in vitro*, siendo la actividad proteolítica en condiciones ácidas la más abundante (figura 4B).

Figura 4. Actividad proteolítica y lipolítica en haustorio de coco



Nota: A, especificidad por cadena de acilo de las enzimas lipasa/esterasa; C4, p-nitrofenil butirato; C12, p-nitrofenil laurato; C16, p-nitrofenil palmitato; B, actividad proteasa en azocaseína y hemoglobina. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

Conclusiones

El haustorio de coco contiene una batería enzimática capaz de hacer que se genere una nueva plántula. Las enzimas lipolíticas (lipasa/esterasa) y proteolíticas presentes en haustorio demostraron ser activas a pH ácido (5.0) y pH alcalino (8.0). Mediante zimografía, se identificaron al menos dos bandas proteínicas con actividad lipasa/esterasa, las cuales, en conjunto, presentan mayor preferencia hacia sustratos de cadena corta, mientras que se logró detectar solo una banda de proteína con actividad proteolítica, la cual puede ser la responsable de actuar a los diferentes pH. Estos hallazgos nos indican que las enzimas

lipolíticas y proteolíticas del coco están adaptadas para trabajar en un ambiente cambiante y que permiten utilizar los lípidos y proteínas de reserva para la generación de una nueva planta de cocotero.


Agradecimientos

Se agradece al proyecto del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (Fordecyt-Coco, proyecto 296195).

Referencias

- Akhter, K., Nazir, N., Faheem, A., Ghous, T., Andleeb, S., Kiani, H. & Rasheed, A. (2020). Partial purification and characterization of lipase from locally produced edible oil-seeds and its relevance in industries. *Biotechnology progress*, 37(1), e3092. <https://doi.org/10.1002/btpr.3092>
- Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth, P. & Gopala, A. (2014). Composition of Coconut Testa, Coconut Kernel and its Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 917-924. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2447-9>
- Balasubramaniam, K., Atukorala, T., Wijesundera, S., Hoover, A. & De Silva, M. (1973). Biochemical Changes during Germination of the Coconut (*Cocos nucifera*). *Annals of Botany*, 37(3), 439-445. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084710>
- Balasubramanian, M. & Boopathy, R. (2013). Purification and characterization of peroxidases from liquid endosperm of *Cocos nucifera* (L.): Biotransformation. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 90, 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2013.01.009>
- Barros, M., Fleuri, L. & Macedo, G. (2010). Seed lipases: sources, applications and properties - a review. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 27(1), 15-29. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322010000100002>
- Birschbach, P., Fish, N., Henderson, W. & Willrett, D. (2004). Enzymes: Tools for creating healthier and safer foods. *Food Technology Magazine*, 58. <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2004/april/features/enzymes-tools-for-creating-healthier-and-safer-foods>
- Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Diaz, P., Prim, N. & Pastor, F. (1999). Direct Fluorescence-Based Lipase Activity Assay. *Biotechniques*, 27(4), 696-700. <https://doi.org/10.2144/99274bm14>

- García-Carreño, F. & Haard, N. (1993). Characterization of proteinase classes in langostilla (*Pleuroncodes planipes*) and crayfish (*Pacifastacus astacus*) extracts. *Journal of Food Biochemistry*, 17, 97-113.
- Granados, D. & López, G. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1), 39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62980105>
- Laemmli, U. (1970). Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>
- Li, J., Htwe, Y., Wang, Y., Yang, Y., Wu, Y., Li, D., Kareem, A. & Wang, R. (2019). Analysis of Sugars and Fatty Acids during Haustorium Development and Seedling Growth of Coconut. *Agronomy Journal*, 111(5), 2341-2349. <https://doi.org/10.2134/agronj2019.02.0137>
- Lin, Y., Yu, C. & Huang, A. (1986). Substrate specificities of lipases from corn and other seeds. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 244(1), 346-356. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(86\)90123-2](https://doi.org/10.1016/0003-9861(86)90123-2)
- Marina, A., Che, Y., Nazimah, S. & Amin, I. (2009). Chemical properties of virgin coconut oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(4), 301-307. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1351-1>
- Mateos-Díaz, E., Rodríguez, J., Camacho-Ruiz, M. & Mateos-Díaz, J. (2012). High-Throughput Screening Method for Lipases/Esterases. En G. Sandoval (Ed.), *Lipases and Phospholipases: Methods and Protocols* (pp. 89-100). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-600-5_5
- McCurrach, C. (1970). *Palms of the world*. Harper & Brothers.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*.
- Soumya, R. & Abraham, E. (2010). Isolation of β -mannanase from *Cocos nucifera* Linn haustorium and its application in the depolymerization of β -(1,4)-linked d-mannans. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(3), 272-281. <https://doi.org/10.3109/09637480903379478>
- Yeşiloğlu, Y. & Demirkan, B. (2010). Biocatalytic Properties of Lipase from Walnut Seed (*Juglans regia* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(6), 659-665. <https://doi.org/10.1007/s11746-010-1540-y>



Cribado de microorganismos nativos de un proceso de compostaje de la industria azucarera y tequilera para la búsqueda de enzimas de interés biotecnológico

Itzel Celeste ROMERO SOTO*
Ariana Ivette GUIJOSA GARCÍA**
María Olga CONCHA GUZMÁN*
María de los Ángeles CAMACHO RUÍZ*

Resumen

Se realizó un cribado de diferentes microorganismos nativos procedentes de un proceso de compostaje de la industria azucarera y tequilera, con la finalidad de buscar enzimas de interés biotecnológico que contribuyan en la biorrefinería de residuos lignocelulósicos. Los aislamientos de hongos filamentosos y bacterias termofílicas se realizaron a partir de la dilución y siembra de muestras provenientes de la etapa mesofílica y termofílica del proceso, en medio agar rosa de bengala y agar Luria Bertani, respectivamente. En la determinación del potencial biotecnológico de las cepas aisladas, se realizaron cultivos en medios selectivos que ayudan a la detección de actividades enzimáticas hidrolíticas específicas, como celulasas, lacasas, peroxidasas y β -eterasas. Los resultados revelaron potencial celulolítico en las cepas 1, 3, 12, 13, 15, 16, 18 y 19, mientras que la actividad β -eterasa se observó en los cultivos de las cepas 1, 2, 4, 5, 6, 10, 16, 17, 19. En el medio a base lignina se buscó la expresión de lacasas y peroxidasas esperando la aparición un halo marrón; sin embargo, no se observaron resultados positivos. Existe un potencial biotecnológico en las cepas aisladas del proceso de compostaje de residuos agroindustriales.

Palabras clave: composta, lignina, biorrefinería, enzimas, β -eterasas.

* Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Norte.
missromero89@hotmail.com | mocg@cunorte.udg.mx | angeles_camacho@cunorte.udg.mx
** Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo. ariana.ivette01@gmail.com

Introducción

En los últimos años, en México, la producción de tequila y azúcar ha ido en constante crecimiento, lo que ha permitido fortalecer la economía del país. Este desarrollo, además de generar grandes avances, también ha contribuido a la continua generación de residuos agroindustriales, cuya disposición final representa un gran problema por su alto contenido de lignina (Chen et al., 2020; FitzPatrick et al., 2010; González et al., 2005).

Los residuos agroindustriales están compuestos por biomasa lignocelulósica, un material orgánico renovable y principal componente estructural de todas las plantas. Está constituida de celulosa (40-55 %), hemicelulosa (24-40 %) y lignina (18-25 %); la composición y las proporciones varían entre cada planta (Cheung & Anderson, 1997; Dewes & Hunsche, 1998; Jørgensen et al., 2007; Mosier et al., 2005; Perlack, 2005).

La celulosa y la hemicelulosa son macromoléculas construidas de diferentes azúcares [...]. Por otro lado, la lignina es un polímero sintetizado a partir de precursores fenilpropanoides, que se une a la celulosa y a la hemicelulosa haciendo de la pared celular de las plantas una barrera física prácticamente impenetrable, dando soporte estructural, impermeabilidad y resistencia contra el ataque microbiano y el estrés oxidativo (Sánchez, como se citó en Gutiérrez-Rojas et al., 2012, p. 91).

La diferencia principal entre la celulosa (subunidades de D-glucosa unidas por enlaces β -1,4 glucosídicos) y la hemicelulosa (menor peso molecular que el de la celulosa) es que la hemicelulosa tiene ramificaciones laterales y la celulosa está formada por oligómeros fácilmente hidrolizables.

La presencia de lignina en los residuos lignocelulósicos ha limitado el completo aprovechamiento de este recurso debido a su complejidad estructural y recalcitrancia (Chen et al., 2020; González et al., 2005; Wang et al., 2016). Las investigaciones se han dedicado a convertir los polisacáridos de las plantas (celulosa y hemicelulosa) en diversos productos; sin embargo, la parte no polisacárida (lignina) permanece sin ser utilizada y a menudo se trata como un subproducto de desecho que se elimina por calor o se emplea como fuente de alimentación en ganado (Chen et al., 2020; Wang et al., 2016).

No obstante, la lignina es un compuesto sumamente abundante en la naturaleza y tiene la ventaja de convertirse en energías renovables o en otros productos de alto valor agregado por la gran cantidad de compuestos fenólicos que la constituyen. Se han estudiado procesos fisicoquímicos para la hidrólisis de lignina como la pirólisis, *cracking*, solvólisis, hidrogenólisis y catálisis ácido-base; pero se han obtenido rendimientos bajos debido a la generación de compuestos inestables y su posterior polimerización (He et al., 2020; Yoo et al., 2020).

La biorrefinería de lignina a través de biocatálisis representa el método adecuado para la obtención de monoligninas (vainillina, guayacol, catecol, entre otras), que son muy valiosas comercialmente (Chen et al., 2020; Wang et al., 2016; Yoo et al., 2020). Se han realizado estudios para la degradación de lignina empleando enzimas oxido-reductasas, las cuales han tenido bajos rendimientos y tienden a la condensación o repolimerización de las monoligninas, por lo que no se consideran viables para esta función.

Asimismo, dentro de los procesos enzimáticos en la biorrefinería de lignina, las β -eterasas (familia de la glutatión S-transferasas) son las principales candidatas para este trabajo, ya que son capaces de romper el enlace β -O-4 aril éter que representa aproximadamente del 45 al 60 % de los enlaces presentes en la lignina y no generan radicales libres inestables durante la reacción (Becker & Wittmann, 2019; He et al., 2020; Picart et al., 2014).

La exploración y estudio de estas enzimas ha sido casi nulo, lo cual ha limitado su aplicación en la biorrefinería de los residuos lignocelulósicos. Debido a que son enzimas emergentes, solo se han reportado estudios de β -eterasas recombinantes. Las primeras investigaciones acerca de las β -eterasas dependientes de glutatión describen eterasas recombinantes producidas por la α proteobacteria *Sphingobium* sp. SYK-6, las cuales componen un sistema en cascada que comprende varias enzimas, entre ellas LigD (una $C\alpha$ -dehidrogenasa), LigF (una β -eterasa) y LigG (una glutatión liasa) (De Gonzalo et al., 2016; Picart et al., 2014).

Más aún, se ha encontrado que mediante el empleo de estas enzimas se obtiene de forma específica lignina de bajo peso molecular que retiene los anillos aromáticos para su aplicación en la industria. $C\alpha$ -deshidrogenasas (LigD) y β -eterasas (LigF) son las dos enzimas con mayor participación en la degradación de lignina, y actúan biocatalíticamente en dos etapas sucesivas: en la primera, la $C\alpha$ -deshidrogenasa (LigD) oxida el $C\alpha$ del β -éter guayacilo de guaiacilglicerol; posteriormente, la β -eterasa ataca nucleofílicamente al sustrato (De Gonzalo et al., 2016; Picart et al., 2014; Sato et al., 2009; Yoo et al., 2020).

Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo fue realizar un cribado de diferentes microorganismos nativos procedentes de un proceso de compostaje de la industria azucarera y tequilera para buscar enzimas de interés biotecnológico que contribuyan en la biorrefinería de residuos lignocelulósicos.

Metodología

Las actividades de investigación se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología del Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara, en el municipio de Colotlán, Jalisco.

Lavado y preparación de muestras de composta

Para el aislamiento de los microorganismos, se tomaron 500 g de composta en las etapas mesofílicas, termofílicas y de enfriamiento de una cama fermentada constituida por cachaza, ceniza, bagazo y caña pisada. En la fase mesofílica se aislaron principalmente hongos, mientras que en la fase termofílica se aislaron bacterias. Las muestras se dividieron en 20 fracciones para el tratamiento y fueron suspendidas en agua destilada estéril con Tween 80 al 1 %, en una relación de 10 mL de agua por cada gramo de tierra. Se incubaron durante una hora a temperatura ambiente y 200 rpm. Enseguida, se hicieron diluciones decimales desde 1 en 10 hasta 1 en 10 000 en NaCl 150 mM estéril, y se inocularon 100 uL en cajas Petri de 10 cm de diámetro con medio Kuster y Williams compuesto, en g/L, por almidón soluble, 10; caseína, 0.3; KNO₃, 2; NaCl, 2; K₂HPO₄, 2; MgSO₂ · 7H₂O, 0.05; CaCO₃, 0.02; FeSO₄ · 7H₂O, 0.01; agar bacteriológico, 15. La muestra se distribuyó uniformemente sobre la superficie del agar con un asa de Drigalsky. A cada muestra diluida se le realizaron 6 repeticiones.

Los cultivos se incubaron a 30 °C de 5 a 10 días hasta obtener colonias aisladas, principalmente *Streptomyces*, así como de algunas bacterias. Enseguida, las colonias aisladas se picaron y se sembraron en medio agar rosa de bengala y agar Luria Bertani.

Medios de cultivo para el aislamiento de microorganismos

Para el aislamiento de los microorganismos de las muestras recolectadas se realizaron resiembras en dos medios de cultivo.

Medio para aislamiento de hongos en fase mesofílica

Para el aislamiento de hongos fue empleado el medio rosa de bengala, preparado, en g/L, en agar, 15; cloranfenicol, 0.1; dextrosa, 10 (SIGMA); fosfato monobásico, 1; fosfato dipotásico (K₂HPO₄), 5 (SIGMA); urea, 4; peptona de soya, 5 (SIGMA); rosa de bengala, 0.05; sulfato de magnesio (MgSO₄), 0.5 (SIGMA), y pH 6.5. Se dejó incubando a 30 °C.

Medio para aislamiento de bacterias en fase termofílica

Para el aislamiento de bacterias termófilas fue empleado el medio agar Luria Bertani de 20 g/L (SIGMA) con un pH de 7.4 y se dejó incubando a 40 °C.

Medios de cultivo para la propagación de microorganismos

- Medio de esporulación para hongos: para la conservación de los hongos previamente aislados se realizaron resiembras en el medio de esporulación para hongos (Papa-Dextrosa-Agar [PDA] Fluka), el cual fue preparado a 39 g/L con 100 mg/L de cloranfenicol (SIGMA), pH 6.5.
- Cribado enzimático: se realizaron resiembras en medios de cultivo selectivos para determinar la actividad enzimática de los catalizadores de interés. Para ello, se empleó un medio mineral mínimo con base en diferentes sustratos (cuadro 1) para inducir las enzimas de interés.

Para la selección de los microorganismos, se prepararon medios selectivos en cajas Petri de 2.5 cm de radio, utilizando un medio mínimo basado en el reportado por Rodríguez et al. (2006), cuya composición es la siguiente (g/L): urea (SIGMA), 4; K_2HPO_4 (SIGMA), 5; $MgSO_4$ (KARAL), 1; cloranfenicol (SIGMA), 0.1; agar bacteriológico (SIGMA), 15; pH inicial de 6.5, al cual se le agregó como única fuente de carbono alguno de los sustratos que aparecen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Sustratos empleados para el cribado enzimático

Medio	Sustrato	Cantidad (g/L)	Enzima que induce
A	Carboximetilcelulosa (SIGMA)	20	Celulasa
B	Bagazo / lignina	20	Xilanasas, celulasas, lacasas, peroxidadas
C	PNPGE	1	β -eterasas

El tiempo de análisis del crecimiento de las bacterias y hongos fue de tres días. No pudo ser reportado el caso de las enzimas en el medio con bagazo, ya que las bacterias no presentaron crecimiento a los tres días, ni en días posteriores, por lo que fue descartado en este medio.

Análisis de la expresión enzimática

Para la expresión de enzimas celulasas, pasados los tres días de incubación las cajas fueron teñidas con rojo Congo al 5 %; la formación de un halo amarillento alrededor de las colonias representaba la presencia de enzimas celulasas. Para la expresión de lacasas y peroxidadas en medio lignina se esperaba el crecimiento de un halo marrón o café oscuro alrededor del crecimiento bacteriano. Finalmente, para las enzimas β -eterasas se buscada

un cambio de coloración en el medio (amarillo), lo cual representa el rompimiento del enlace β -éter en el sustrato PNPGE y con él la liberación de p-nitrofenol.

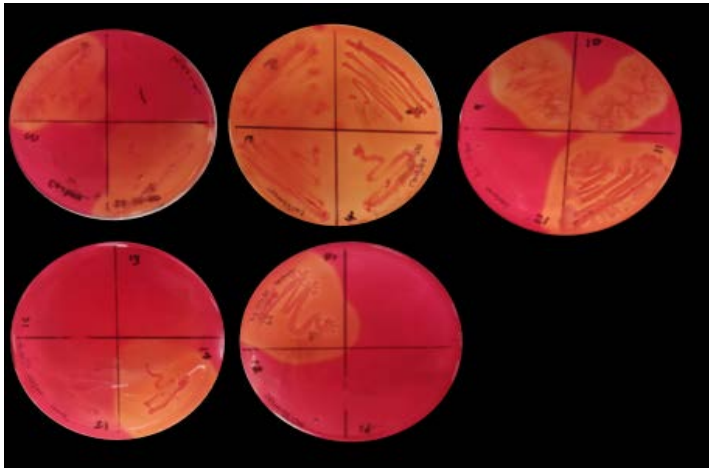
Resultados y discusión

Se logró el aislamiento de 34 cepas correspondientes a hongos y bacterias, que fueron sometidas a las resiembras en los diferentes sustratos selectivos para el cribado enzimático.

Bacterias termófilas y hongos mesófilos sembradas en medio CMC

Para la expresión de enzimas celulasas, el crecimiento de las cepas se observó al tercer día de incubación. Asimismo, se encontró la presencia de estas enzimas en las cepas identificadas con la numeración 2, 4-11, 17, 20-34. En la imagen 1 se muestra la expresión enzimática de las celulasas, donde se observa un halo amarillento alrededor de las colonias una vez teñidas con rojo Congo.

Imagen 1. Expresión de enzimas celulasas



Microorganismos en medio lignina

La expresión enzimática de lacasas y peroxidasas esperada no se logró en el experimento. Esto puede ser debido a que la expresión de enzimas ligninolíticas se da en condiciones limitadas de nitrógeno y de CaCl_2 (Chan et al., 2014; Jegatheesan et al., 2012; Kaal et al., 1995). Asimismo, el contenido de carbono y el tipo de fuente también influyen en el

crecimiento (Elisashvili et al., 2011). No se descarta la posibilidad de que estén presentes; por ello, se realizarán ajustes en el medio en la concentración de sales, del sustrato base, cofactores y tiempo de incubación para experimentos posteriores.

Microorganismos en medio PNPGE

La presencia de β -eterasas se buscó empleando el medio sintetizado PNPGE (sembrado en microplaca). El crecimiento bacteriano se observó desde los tres días; sin embargo, la expresión de la actividad representada por un cambio a color amarillento no se observó en ese tiempo, sino hasta los cinco días posteriores (imagen 2). Las cepas donde se presentó el cambio de coloración fueron aquellas con la numeración 1, 2, 4-6, 10, 16, 17, 19. Asimismo, la expresión enzimática fue muy tenue, por lo que se realizó una prueba confirmativa TLC (cromatografía en capa fina), que se colocó en el carril 1 como control positivo el estándar de p-nitrofenol; en el carril 2, la clona de *E. coli* recombinante para LigF de *Sphingobium* sp., y en los carriles posteriores, cada una de las cepas que presentaron un cambio en la coloración (imagen 3). La prueba TLC permitió corroborar la presencia de estas enzimas de gran interés, las cuales podrán ser aisladas y purificadas en las siguientes etapas para su posterior aplicación.

Imagen 2. Expresión enzimática de β -eterasas

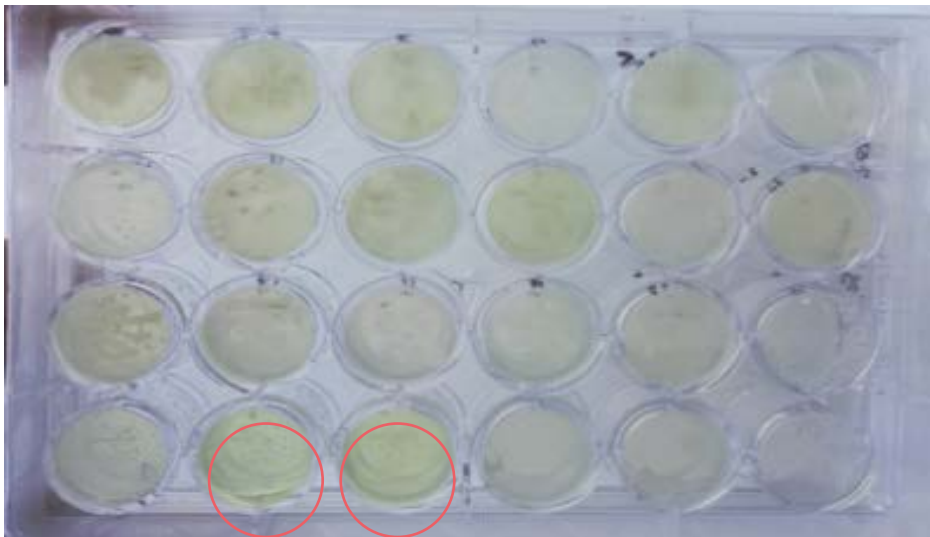
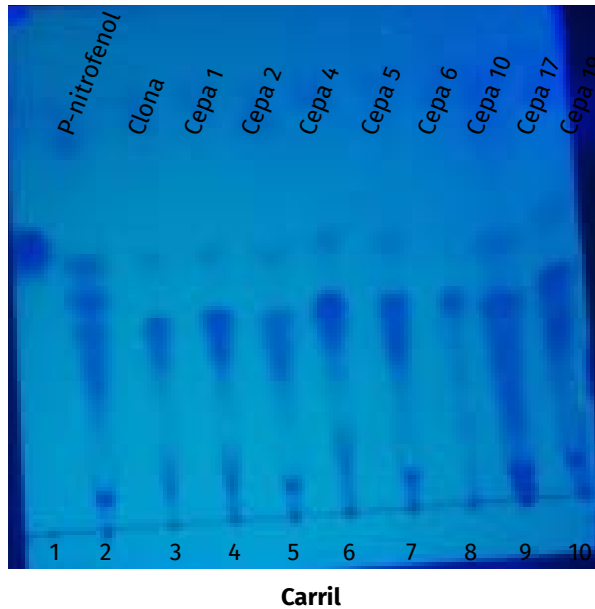


Imagen 3. Prueba confirmativa TLC



Conclusiones


Los resultados muestran que existe la presencia de enzimas de interés biotecnológico en los residuos de la industria tequilera y azucarera que pueden ser aisladas y purificadas para su aplicación en la biorrefinería de lignina. Con ello, se prevé la generación de una gran cantidad de valiosos productos químicos (monoligninas: fenol, vainillina, guayacol, ferulatos, cafeatos, p-coumaratos) y energía con un mínimo de desperdicio y emisiones a partir de residuos lignocelulósicos hidrolizados catalíticamente.

Referencias

- Becker, J. & Wittmann, C. (2019). A field of dreams: Lignin valorization into chemicals, materials, fuels, and health-care products. *Biotechnology Advances*, 37(1). <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.02.016>
- Chan, C., Heredia, G., Martínez, D. & Rodríguez, R. (2014). Enhancement of ligninolytic enzyme activities in a *Trametes maxima*-*Paecilomyces carneus* co-culture: Key factors revealed after screening using a Plackett-Burman experimental design.

- Electronic Journal of Biotechnology*, 17(3), 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.04.007>
- Chen, Z., Ragauskas, A. & Wan, C. (2020). Lignin extraction and upgrading using deep eutectic solvents. *Industrial Crops and Products*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112241>
- Cheung, S. & Anderson, B. (1997). Laboratory investigation of ethanol production from municipal primary wastewater solids. *Bioresource Technology*, 59(1), 81-96. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00109-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00109-5)
- De Gonzalo, G., Colpa, D., Habib, M. & Fraaije, M. (2016). Bacterial enzymes involved in lignin degradation. *Journal of Biotechnology*, 236, 110-119. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.08.011>
- Dewes, T. & Hunsche, E. (1998). Composition and microbial degradability in the soil of farmyard manure from ecologically-managed farms. *Biological Agriculture & Horticulture*, 16(3), 251-268. <https://doi.org/10.1080/01448765.1998.10823199>
- Elisashvili, V., Torokb, T., Kachlishvilia, E., Khardziania, T., Metrevelo, E., Kobakhidze, A. & Berikashvili, I. (2011). Evaluation and regulation of the lignocellulolytic activity of novel white-rot basidiomycetes. *Global Journal of Biochemistry*, 2(2), 134-141.
- FitzPatrick, M., Champagne, P., Cunningham, M. & Whitney, R. (2010). A biorefinery processing perspective: Treatment of lignocellulosic materials for the production of value-added products. *Bioresource Technology*, 101(23), 8915-8922. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.125>
- González, G., González, R. & Nungaray, A. (2005). Potential of the pulp from the agave tequilana weber plant to produce biopolymers and carbohydrases via cellulolytic bacteria and obtain phenolic compounds. *e-Gnosis*, 3, 14.
- Gutiérrez-Rojas, I. et al. (2012). Estimación de poblaciones de microorganismos ligninolíticos y celulolíticos, y actividad β -glucosidasa en agrosistemas de arroz. En D. Uribe-Vélez & L. Melgarejo (Eds.), *Ecología de microorganismos rizosféricos asociados a cultivos de arroz de Tolima y Meta* (pp. 89-110). Universidad Nacional de Colombia.
- He, J., Huang C., Lai, C., Huang, C., Li, M., Pu, Y., Ragauskas, A. & Yong, Q. (2020). The effect of lignin degradation products on the generation of pseudo-lignin during dilute acid pretreatment. *Industrial Crops and Products*, (146). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112205>
- Jegatheesan, M., Senthilkumaran, M. & Eyini, M. (2012). Enhanced production of laccase enzyme by the white-rot mushroom fungus *Pleurotus florida* using response surface methodology. *Int. J. Curr. Res*, (4), 25-31.
- Jørgensen, H., Kristensen J. & Felby, C. (2007). Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: challenges and opportunities. *Biofuels Bioproducts & Biorefining*, 1(2), 119-134. <https://doi.org/10.1002/bbb.4>

- Kaal, E., Field, J. & Joyce, T. (1995). Increasing ligninolytic enzyme activities in several white-rot Basidiomycetes by nitrogen-sufficient media. *Bioresource Technology*, 53(2), 133-139. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(95\)00066-N](https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00066-N)
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y., Holtzapple, M. & Ladisch, M. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 96(6), 673-686. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.025>
- Perlack, R. (2005). Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply. <https://doi.org/10.2172/885984>
- Picart, P., Domínguez, P. & Schallmey, A. (2014). From gene to biorefinery: microbial β -etherases as promising biocatalysts for lignin valorization. *Frontiers in Microbiology*, 6, 916. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00916>
- Rodriguez, J., Mateos, J., Nungaray, J., González, V., Bhagnagar, T., Roussos, S. & Baratti, J. (2006). Improving lipases production by nutrient source modification using *Rhizopus homothallicus* cultured in solid state fermentation. *Process Biochem.*, 41, 2264-2269.
- Sato, Y., Moriuchi, H., Hishiyama, S., Otsuka, Y., Oshima, K., Kasai, D., Nakamura, M., Ohara, S., Katayama, Y., Fukuda, M. & Masai, E. (2009). Identification of Three Alcohol Dehydrogenase Genes Involved in the Stereospecific Catabolism of Arylglycerol- β -Aryl Ether by *Sphingobium* sp. Strain SYK-6. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(16), 5195-201. <https://doi.org/10.1128/AEM.00880-09>
- Wang, C., Ouyang, X., Su, S., Liang, X., Zhang, C., Wang, W., Yuan, Q. & Li, Q. (2016). Effect of sulfonated lignin on enzymatic activity of the ligninolytic enzymes C α -dehydrogenase LigD and β -etherase LigF. *Enzyme and Microbial Technology*, 93-94, 59-69. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2016.07.008>
- Yoo, C., Meng, X., Pu, Y. & Ragauskas, A. (2020). The critical role of lignin in lignocellulosic biomass conversion and recent pretreatment strategies: A comprehensive review. *Bioresource Technology*, 301, 122784. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122784>



Síntesis de un polímero electroconductor para la modificación de una pintura alquídica con fines inhibidores de corrosión

Ignacio GARCÍA GARCÍA*
Ana Rosa CARRILLO ÁVILA
María Olga CONCHA GUZMÁN

Resumen

Es necesario combatir la corrosión para evitar pérdidas en materiales de construcción como el acero al carbono. Para lograrlo, el principal método es la aplicación de recubrimientos, como los metálicos (galvanizados, cromados, entre otros), revestimientos (como el Polyken), cerámicos (como el peltre) y las pinturas. Estas últimas son los más importantes debido a su bajo costo y su facilidad de aplicación. Los polímeros electroconductores se han probado como aditivos de pinturas que además de proporcionar una barrera contra la corrosión también la pueden inhibir. En este trabajaremos hablaremos acerca de los polímeros electroconductores empleados con este fin.

Palabras clave: corrosión de acero al carbono, recubrimientos, pinturas, polímeros electroconductores, polianilina.

* Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Norte.

ignacio.garcia.g@cunorte.udg.mx | ana.carrillo@cunorte.udg.mx | mocg@cunorte.udg.mx

Introducción

El uso de ánodos de sacrificio y pinturas anticorrosivas está muy extendido para la protección del acero al carbono y estas se complementan (Schweitzer, 2006). En la protección catódica con ánodos de sacrificio se aprovecha la naturaleza electroquímica de metales como el cinc, aluminio y magnesio, ya que al ser más electronegativos convierten la superficie en un cátodo y de esta manera sacrifican su masa para su evitar la degradación del sustrato (Von Beackmann et al., 1997). Cabe mencionar que este tipo de protección funciona solamente bajo condiciones de inmersión en un electrolito. Las pinturas anticorrosivas brindan una barrera aislante contra el ataque del medio ambiente; en los últimos años, se han desarrollado aditivos orgánicos e inorgánicos que funcionan como inhibidores de la corrosión.

En el desarrollo de pinturas anticorrosivas se han empleado diversos aditivos inorgánicos como metales (algunos de ellos con potencial daño ambiental) y orgánicos como los polímeros. El uso de polisiloxanos, copolímeros del ácido metacrílico, copolímeros del anhídrido maleico, N-vinil-2-pirrolidina y polianilinas, entre otros polímeros inhibidores de la corrosión, se ha reportado en la literatura por diversos autores. En tales desarrollos se ha puesto énfasis en la síntesis de polímeros que no representen una amenaza ecológica para el medio ambiente, ni en su naturaleza química ni en su método de aplicación (es deseable no usar solventes dañinos como medio, o usar la menor proporción de estos), así como en la reactividad que tengan estos con el metal a proteger (Zarras & Stenger-Smith, 2003).

Las pinturas anticorrosivas presentan la desventaja de que las fallas de la película o una aplicación no uniforme produce sitios en los cuales el metal se expone directamente al medio ambiente y el proceso corrosivo inicia. Para evitar que esto represente el principio del proceso corrosivo, se han añadido partículas de metales menos nobles que el acero al carbono (como aluminio y cinc), las cuales funcionan como ánodos de sacrificio y protegen la estructura polarizándola catódicamente (Revie & Uhling, 2008).

Alrededor del mundo se han llevado a cabo diversas investigaciones encaminadas a desarrollar polímeros electroconductores para inhibir la corrosión del acero al carbono, dentro de los trabajos más destacados tenemos los siguientes:

- La Unión Europea, con la patente EP-2-048-203-A1, describe el desarrollo de una capa tipo sándwich de polímero y polielectrolitos, que aíslan la superficie a proteger del medio ambiente agresivo (Andreeva et al., 2007).
- Chiang et al. (1978) estudiaron el comportamiento de los polímeros electroconductores y propusieron su utilización como resinas para combate a la corrosión.

- Achary et al. (2008), de la Universidad de Kavempu en India, reportaron la síntesis de un copolímero de anhídrido maleico y N-vinil-2-pirrolidina para la protección de acero en ácido sulfúrico.
- Quraishi y Shukla (2009) reportaron el desarrollo de un polímero de polianilina-formaldehído como un inhibidor efectivo de los procesos corrosivos en acero dulce.
- Nakano et. al. (2006) diseñaron la síntesis de un copolímero de ácido metacrílico para aplicaciones entre las cuales destaca la de inhibidor de corrosión.
- Shukla et al. (2008) publicaron sus investigaciones en la síntesis de polímeros conductivos a partir de ácido poliantranílico.
- Ma et al. (1997) analizaron las propiedades conductivas de las poli-alquil-vinil-cetonas después de reaccionar en soluciones dopantes.

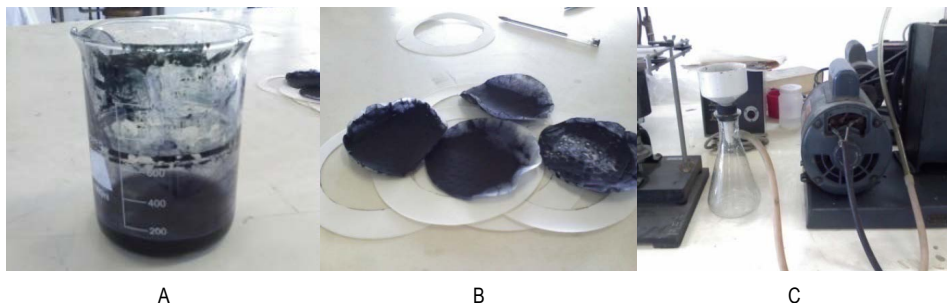
En el presente trabajo se pretende desarrollar el proceso de síntesis de polianilina y evaluar sus propiedades anticorrosivas sobre el acero al carbono. Este polímero deberá ser amigable con el medio ambiente y activo con el metal a proteger, de tal forma que la porosidad de la película aplicada (o rasgaduras que sufra debido al uso) sobre la superficie a proteger no sea un punto de inicio de alguna forma de corrosión.

Metodología

Síntesis y dopado de la polianilina

Se preparó una solución de anilina ($C_6H_5NH_2$) 0.1 M en 1000 mL de ácido clorhídrico (HCl) 1.0 M, persulfato de amonio $[(NH_4)_2S_2O_8]$ 0.1 M como oxidante y 500 mL de hidróxido de amonio (NH_4OH) 0.1 M (Herrera, 1982). Se mantuvieron los 500 mL de solución de HCl/anilina a una temperatura de 0 °C mediante un baño de hielo para luego agregar lentamente 250 mL de la solución de persulfato de amonio, manteniendo una agitación constante por medio de un agitador magnético. Después de un ligero aumento de temperatura de alrededor de 5 °C, se prosiguió con la adición del resto del persulfato de amonio. Así se mantuvo en agitación por cinco horas, durante las cuales la solución se tornó verdosa y con tiempo se oscureció hasta apreciarse de un tono azul muy oscuro. Cabe mencionar también que la agitación fue constante durante todo el proceso de polimerización. El polímero obtenido se filtró a vacío y se secó a una temperatura de 50 °C durante 24 horas. Ya seco, se molió en un mortero de porcelana (imagen 1).

Imagen 1. A, polianilina (PANI) dopada con HCl; B, filtrado a vacío de PANI dopada; C, PANI dopada seca, lista para ser molida



Caracterización de polianilina dopada

La caracterización de la polianilina se llevó a cabo por medio de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), preparando pastillas de bromuro de potasio (KBr) y polímero molido en un FTIR Perkin Elmer modelo Spectrum RX1.

La determinación de la masa molecular se llevó a cabo por viscosimetría capilar, manteniendo la temperatura del baño en 30 ± 0.1 °C con ayuda de un termostato marca VWR modelo 1120. La muestra de polímero seco se disolvió en ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), a razón de 0.1 g en 10 mL de H_2SO_4 , corriendo en el viscosímetro para posteriormente agregar otros 5 mL de H_2SO_4 , volver a correr la prueba y repetir el proceso hasta completar un volumen de 2.5 mL adicionales de H_2SO_4 .

Preparación de especímenes de prueba

El acero al carbono para este trabajo fue el A-36, dado que es el más ampliamente utilizado en la fabricación de estructuras. Se denomina A-36 por la American Society for Testing and Materials (ASTM), y tiene un punto de fluencia de 36 000 psi (2 530 kg/cm²).

La preparación de las superficies de los especímenes de prueba se llevó a cabo aplicando lo establecido en el estándar internacional ASTM G1-03 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. La limpieza de las superficies fue mecánica por medio de esmeril, decapando con ácido nítrico (HNO_3) 0.1 N y desengrasando con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N (imagen 2).

SÍNTESIS DE UN POLÍMERO ELECTROCONDUCTOR PARA LA MODIFICACIÓN DE UNA PINTURA ALQUIDÁLICA CON FINES INHIBIDORES DE CORROSIÓN

Imagen 2. A, preparación de especímenes para pruebas de inmersión en agua de mar; B, decapado en HNO_3 0.1 N



La aplicación de recubrimientos sobre las placas de acero al carbono se realizó imprimiendo una capa de *primer* alquidálico industrial marca Valmex color gris, a la cual se le agregó el 1 % en masa de polianilina molida como pigmento (de acuerdo con el cuadro 1) y posteriormente una de acabado alquidálico industrial marca Valmex color blanco como acabado. Las muestras se pintaron por triplicado. Como referencia, se emplearon placas de acero al carbono A-36 sin recubrimiento y recubiertas con dos capas de epóxico para inmersión International Intershield 670 HS de dos componentes color beige (imagen 3).

Cuadro 1. Relación de muestras para pruebas de inmersión y electroquímicas

Muestra	Primer (prebase)	Acabado
1	Alquidálico	Alquidálico
2	Epóxico	Epóxico
3	Alquidálico + 1 % PANI	Alquidálico

Imagen 3. Recubrimiento de placas de acero al carbono A-36



Pruebas físicas de resistencia a la corrosión

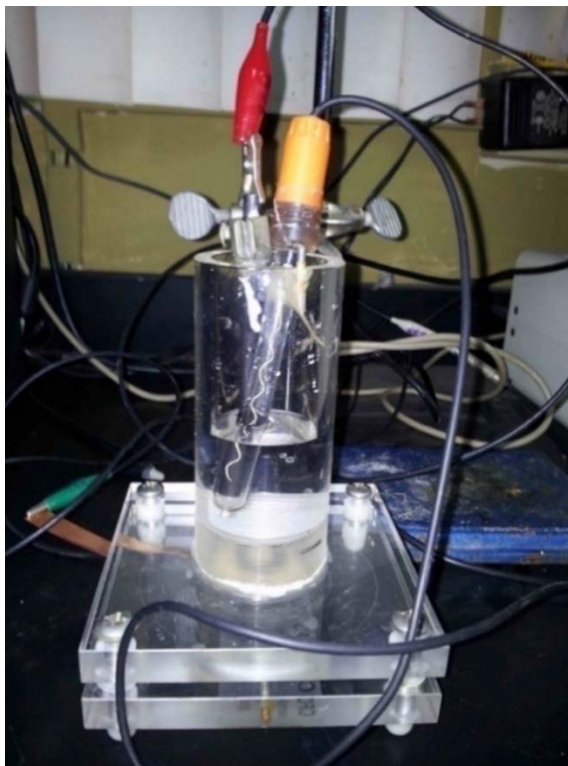
Los especímenes de prueba para las pruebas físicas de resistencia a la corrosión en condiciones de inmersión en agua de mar se prepararon de acuerdo con el estándar internacional NACE-TM0104-2004 Offshore Platform Ballast Water Tank Coating System Evaluation, el cual establece que las placas de acero al carbono deberán cortarse en rectángulos de $76 \times 150 \times 4.75$ mm (425 g). Una vez cortadas, se procedió a prepararlas para la aplicación del recubrimiento.

Las pruebas de inmersión en agua de mar se llevaron a cabo de acuerdo con la sección 8 del estándar NACE-TM-0104-2004, el cual establece que cada uno de los especímenes de prueba deberán permanecer 12 semanas inmersos en agua de mar sintética preparada de acuerdo con el ASTM-D-1141-98 Standard Practice for the Preparation of Substitute Ocean Water. Cabe mencionar que se eligió probar en agua de mar, ya que es una condición extrema para un recubrimiento alquidálico.

Pruebas electroquímicas de resistencia a la corrosión

Para las pruebas electroquímicas (resistencia a la polarización e impedancia electroquímica), se cortaron placas de acero al carbono A-36 de $2.54 \times 2.54 \text{ cm} \times 4.75 \text{ mm}$ (24 g). Las pruebas de impedancia electroquímica y resistencia a la polarización se llevaron a cabo en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, mediante una celda convencional de tres electrodos (la placa recubierta a probar como electrodo de trabajo, plata y cloruro de plata, Ag/AgCl, y grafito de alta densidad como auxiliar) y un potenciostato Gamry Instruments modelo FAS-1 PC4, empleado en un rango de frecuencia de 100 000 Hz hasta 0.01 Hz. La solución salina empleada como electrolito fue 0.5 M de cloruro de sodio (NaCl).

Imagen 4. Celda para llevar a cabo las pruebas de impedancia electroquímica

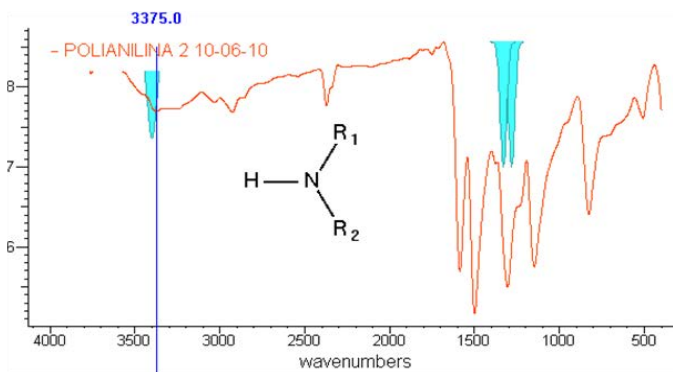


Resultados y discusión

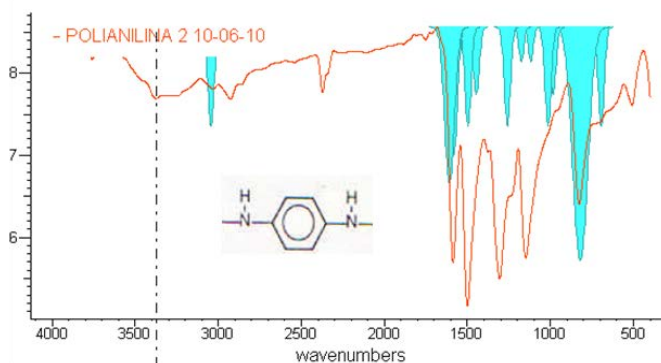
Caracterización de polianilina

La caracterización de los polímeros sintetizados se llevó a cabo por medio de FTIR y viscosimetría capilar en las instalaciones del Departamento de Química de la Universidad Autónoma de Guadalajara. Las gráficas 1 y 2 presentan los espectros FTIR correspondientes a la polianilina.

Gráfica 1. Espectro FTIR de polianilina en el cual se muestran los picos característicos para una amina secundaria



Gráfica 2. Espectro FTIR de polianilina en el cual se muestran los picos característicos para un compuesto aromático para-sustituido

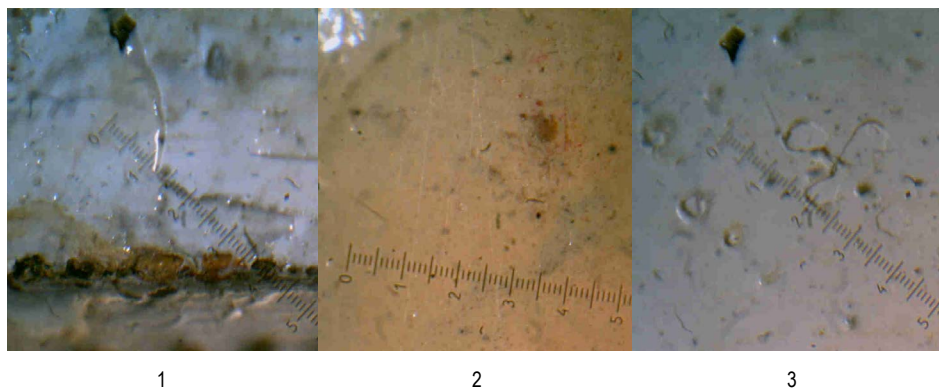


Los espectros mostrados corresponden a polianilina dopada con HCl y por lo tanto estamos hablando de una sal de emeraldina. En la gráfica 1 podemos observar los picos característicos para una amina secundaria, mientras que en la 2 tenemos los característicos para un compuesto aromático para-sustituido. Estas observaciones son las evidencias que nos indican que el compuesto es sal de emeraldina. La viscosimetría capilar nos arrojó una masa molecular promedio de 35 734 g/mol.

Pruebas físicas de resistencia a la corrosión

A continuación, se presentan micrografías 20X de los resultados de las pruebas de inmersión en agua de mar (ASTM D1141) de acuerdo con el método de prueba NACE-TM0104.

Imagen 5. Comparativo de las muestras de las superficies de acero al carbono recubiertas



Las muestras 2 y 3 muestran mejor resistencia a la inmersión en agua de mar. Estas muestras son las correspondientes al recubrimiento epóxico y alquidálico más 1 % de PANI como *primer*. La pérdida de masa se reporta en la tabla 1.

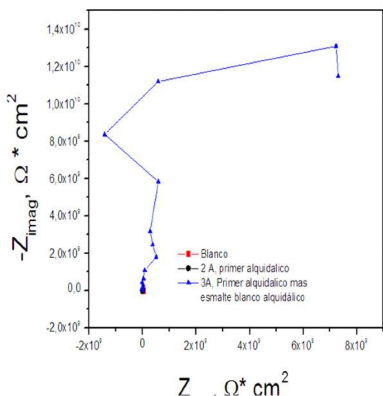
Tabla 1. Resultados de las pruebas de inmersión en agua de mar sintética

Muestra	Pérdida de masa	
	g	%
1	0.3357	0.0790
2	0.0012	0.0003
3	0.0340	0.0081

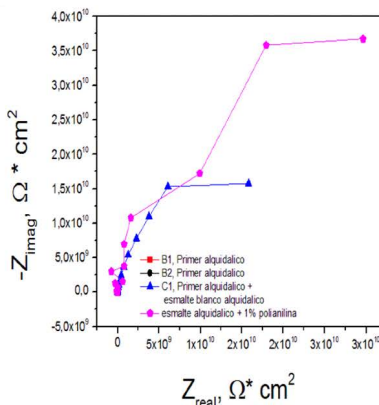
Pruebas electroquímicas de resistencia a la corrosión

Las pruebas de impedancia electroquímica se corrieron bajo un rango de frecuencia de 100 000 a 0.01 Hz en una solución de NaCl 0.5 M. Cabe señalar que la muestra 2 no ofreció respuesta o señal debido a la nula porosidad de la pintura epóxica aplicada (figura 1). Los resultados de las pruebas de resistencia a la polarización se presentan en la tabla 2.

Figura 1. Diagramas de Nyquist para las muestras 1 y 2



1



2

Tabla 2. Resultados de las pruebas de resistencia a la polarización

Muestra	Resistencia a la polarización, Ωcm^2	Espesor de película seca, μm
1	4 183	354
2	N/D	N/D
3	4.7×10^{-10}	65

Conclusiones

El proceso de síntesis de polianilina, así como de dopado, fue desarrollado con éxito con rendimientos superiores al 70 %. De acuerdo con los resultados obtenidos para las pruebas de inmersión en agua de mar con base en el estándar NACE-TM0104, las muestras

de acero al carbono A-36 recubierto con esmalte alquidílico con el 1 % de polianilina dopada ofrecieron mejores resultados a la pérdida de masa con respecto al alquidílico sin carga, y son intermedios respecto a las placas con epóxico.

Las muestras de polianilina al 1 % como aditivo de fondo alquidílico mostraron actividad electroconductora (la curva nos indica que los recubrimientos son porosos), de acuerdo con los diagramas de Nyquist y los resultados de las pruebas de resistencia a la polarización. En el caso de la polianilina, la opción de usarla como aditivo de un recubrimiento alquidílico resuelve la limitación de la falta de procesabilidad de este polímero.

Referencias

- Achary, G., Naik, A., Vijay, S., Venkatesha, T., Sherigara, B. (2008). An electroactive co-polymer as corrosion inhibitor for steel in sulphuric acid medium. *Applied Surface Science*, 254(17), 5569-5573. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2008.02.103>
- Andreeva, D., Shchukin, D. & Möhwald, H. (2007). *Corrosion inhibiting coating for active corrosion protection of metal surfaces, comprising a sandwich-like inhibitor complex* (US20100206745A1). <https://patents.google.com/patent/US20100206745A1/en>
- Chiang, C., Druy, M., Gau, S., Heeger, A., Louis, E., MacDiarmid, A., Park, Y. & Shirakawa, H. (1978). Synthesis of Highly Conducting Films of Derivatives of Polyacetylene, (CH)_x. *Journal of the American Chemical Society*, 100(3), 1013-1015. <https://doi.org/10.1021/ja00471a081>
- Herrera, T. (1982). *Electroconductividad de polímeros derivados de poli-metil-vinil-cetona y selección de un método de síntesis de su monómero* [tesis de grado, Universidad Autónoma de Guadalajara].
- Ma, J., Tauber, J. & Ramelow, Ü. (1997). Electrical Conductivities Of Poly (Alkyl Vinyl Ketones) Reacted With Dopant Solutions. *Turkish Journal of Chemistry*, 21, 313-326.
- Nakano, M., Yamaguchi, S. & Fukuhara, K. (2006). *(Meth)acrylic acid copolymer, method for producing the same, and application thereof* (EP1871813A1). <https://patents.google.com/patent/EP1871813A1/zh>
- Quraishi, M. & Shukla, S. (2009). Poly(aniline-formaldehyde): A new and effective corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid. *Materials Chemistry and Physics*, 113(2-3), 685-689. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2008.08.028>
- Revie, W. & Uhling, H. (2008). *Corrosion and corrosion control, An introduction to corrosion science and engineering*. Wiley.
- Schweitzer, P. (2006). *Paint and coatings, Applications and corrosion control*. Taylor and Francis.
- Shukla, S., Quraishi, M. & Prakash, R. (2008). A self-doped conducting polymer “poly-anthranilic acid”: An efficient corrosion inhibitor for mild steel in acidic solution. *Corrosion Science*, 50(10), 2867-2872. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2008.07.025>

SÍNTESIS DE UN POLÍMERO ELECTROCONDUCTOR PARA LA MODIFICACIÓN DE UNA PINTURA
ALQUIDÁLICA CON FINES INHIBIDORES DE CORROSIÓN

- Von Beackmann, W., Schwenk, W. & Prinz, W. (1997). *Handbook of Cathodic Corrosion Protection*. Gulf Professional Publishing.
- Zarras, P., Stenger-Smith, J. & Wei, Y. (2003). *Electroactive polymers for corrosion control*. ACS Symposium Series.



INVESTIGACIÓN PERMANENTE
REFLEXIONES MULTIDISCIPLINARIAS: UNA VISIÓN DE LAS CIENCIAS HACIA
EL DESARROLLO REGIONAL Y LA SUSTENTABILIDAD

se terminó de editar en mayo de 2022 en el
Centro Universitario del Norte de la Universidad de Guadalajara,
Colotlán, Jalisco, México, y se terminó de digitalizar en
los talleres gráficos de Prometeo Editores, S. A. de C. V.
Libertad 1457, colonia Americana, C. P. 44160,
Guadalajara, Jalisco, México.

Hecho en México / *Made in Mexico*

Esta edición consta de un ejemplar

Fuentes tipográficas utilizadas:

Arial Narrow, Cabin, Calisto MT

Merriweather Sans, Patua One

y Fira Sans