

## ACUACULTURA Y COVID-19: IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

Víctor Johan **Acosta-Pérez**<sup>1</sup>, Jesús Armando **Salinas-Martínez**<sup>1</sup>, Vicente **Vega-Sánchez**<sup>1</sup>, Andrea Paloma **Zepeda-Velázquez**<sup>1</sup>, Nydia Edith **Reyes-Rodríguez**<sup>1</sup>, Fabián Ricardo **Gómez-de-Anda**<sup>1\*</sup>, Jorge Luis **De-la-Rosa-Arana**<sup>2</sup>, María Isabel **López-Rivera**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia Instituto de Ciencias Agropecuarias, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. 43600.

<sup>2</sup>Microbiología en Salud Humana, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Primero de Mayo S/N, Campo Uno, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. 54743.

<sup>3</sup>Área de Inocuidad Acuícola y Pesquera del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Querétaro, Cadereyta de Montes, Querétaro. México. 76500.

\*Autor de correspondencia: [fabian\\_gomez9891@uaeh.edu.mx](mailto:fabian_gomez9891@uaeh.edu.mx)

### RESUMEN

La pandemia (COVID-19) causada por el virus SARS-CoV-2, fue un evento de alta importancia, con efectos adversos en las economías de muchos países, principalmente, los que se encuentran en vías de desarrollo; el evento afectó a la mayoría de las industrias, incluyendo las del sector agroalimentario. En México, la acuicultura, se considera una actividad agropecuaria de reciente desarrollo, con un potencial económico importante en algunas zonas del país, no obstante, su desarrollo fue afectado por la pandemia COVID-19. Por lo anterior, se recolectó información por medio de entrevistas semi estructuradas, para la evaluación de los efectos de la COVID-19, en los pequeños productores de tilapia del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. Esta evaluación, evidenció una pérdida de empleo de 23.53%, además 67.41% de las granjas, mencionó que su empresa presentó pérdidas, con un valor máximo por 10,335.13 USD en un año de cultivo. Las mermas, se vieron asociadas principalmente, con desfases en las ventas (35.29%) y la pérdida de los canales de comercialización (41.17%). No obstante, las granjas mencionaron, que la recuperación económica de sus empresas, puede apoyarse de acciones como la aplicación de valor agregado al producto (52.94%) y apoyos de financiamiento en la adquisición de crías (35.29%). Los efectos identificados de la COVID-19 en la acuicultura de tilapia, mostraron tendencias que pueden resultar útiles en el desarrollo estrategias de mitigación y recuperación de esta industria.

**Palabras clave:** afección, cultivo, mitigación, pandemia, productores de tilapia.

### INTRODUCCIÓN

El primer caso de COVID-19 en México, se detectó el 27 de febrero de 2020. Ante esta situación, el país se declaró estado de emergencia sanitaria el 30 de marzo de 2020, estatus que derivó en la clausura de actividades no esenciales y en la aplicación de políticas de distanciamiento social en todos los sectores, incluyendo los de producción agroalimentaria (Gobierno de México, 2020). No obstante, en los 64 días posteriores al primer caso diagnosticado en México, se confirmaron 19,224 casos, con una tasa de mortalidad de 9.67% (Suárez *et al.*,

**Citation:** Acosta-Pérez VJ, Salinas-Martínez JA, Vega-Sánchez V, Zepeda-Velázquez AP, Reyes-Rodríguez NE, Gómez-de-Anda FR, De-la-Rosa-Arana JL, López-Rivera MI. 2025. Acuicultura y COVID-19: impactos en la producción de tilapia en la zona centro del Estado de Hidalgo, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo

ASyD(22): 34-54

<https://doi.org/10.22231/asyd.v22i1.1610>

**Editor in Chief:**  
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: May 18, 2023.  
Approved: July 17, 2023.

**Estimated publication date:**  
January 8, 2025.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International license.



2020), mientras que, para mediados de 2020, aproximadamente 81 millones de personas, habían presentado la infección en todo el mundo y se registraron, cerca de un millón de muertes, lo que representó variaciones importantes en los marcadores econométricos de diferentes países (Sarà *et al.*, 2022). La rápida y global dispersión de la enfermedad, estableció un escenario crítico para el desarrollo de actividades y para la obtención de recursos alimentarios. Ante este escenario, diferentes reportes se han publicado para evaluar los efectos generados por la COVID-19, los más recurrentes, son en sectores como el cultivo de cereales, la silvicultura y la industria de producción de cárnicos, incluyendo la acuicultura (Islam *et al.*, 2021; Manlosa *et al.*, 2021; Mohanty *et al.*, 2020; Van Senten *et al.*, 2021).

En el sector alimentario, el pescado tiene un impacto notable en diferentes poblaciones y comunidades en todo el mundo, principalmente, porque provee de proteína animal esencial y asequible para la dieta (Okoye *et al.*, 2014). La industria de alimentos acuícolas, reportó una mayor proyección a nivel mundial, con un crecimiento considerable en las últimas décadas (Gjedrem *et al.*, 2012). La obtención de alimentos de origen acuícola, ronda los 173 millones de toneladas; en esta producción, el mayor aporte proviene del continente asiático, donde destacan países como China, India e Indonesia, que ocupan en ese orden, los primeros lugares en producción a nivel mundial (FAO, 2019).

Este crecimiento, permitió a la pesca y acuicultura, aportar recursos que promueven la seguridad alimentaria, la creación de empleos y la activación económica alrededor del mundo (Adugna, 2020; Chibwana *et al.*, 2020). Solo en China, se desempeñan cinco millones de acuicultores y cerca de 9.4 millones de pescadores (Huang y He, 2019), y se estima, cerca de 100 millones de personas dependientes económicos de estas dos actividades a nivel mundial (González *et al.*, 2017).

Por lo anterior, el presente trabajo, elaboró un análisis de los impactos generados por la pandemia COVID-19, en la acuicultura de tilapia del Valle del Mezquital, enfocándose en aspectos socioeconómicos, como gastos empleados para insumos de bioseguridad y efectos adversos en la disminución de ingresos económicos familiares, a partir de la actividad acuícola; del mismo modo, se buscó evaluar efectos adversos en la planeación de los ciclos productivos y actividades administrativas relacionadas al cultivo de tilapia. Lo anterior, en búsqueda de una evaluación que coadyuve en el desarrollo de estrategias de mitigación en un área de producción alimentaria, que representa una fuente de ingresos económicos para las familias locales.

## MARCO TEÓRICO

La carne de pescado, es una importante fuente alimentaria en México y a nivel mundial (Okoye *et al.*, 2014), debido a que su consumo, aporta a la dieta, proteína de alta digestión relacionada a los aminoácidos libres que están presentes en su composición y ácidos grasos, que, además, aportan beneficios

a la salud (Ariño *et al.*, 2013; Baldissera *et al.*, 2020). Su consumo, ha reportado efectos benéficos para la disminución de incidencia de diabetes tipo 2, como promotor del desarrollo cerebral y del hígado en etapa lactante, también, se ha asociado como coadyuvante en la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, trastornos inflamatorios y del desarrollo de tumores (Fatel *et al.*, 2021; Solomando *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2019).

Entre los productos cárnicos de origen acuícola, destaca la carne de tilapia, como un producto de alto valor socioeconómico, diferentes especies e híbridos, han sido introducidas en aproximadamente 90 países en todo el mundo, inicialmente, con fines de acuicultura (Gu *et al.*, 2019). Esta especie, ha mostrado una progresión en su cultivo en las décadas recientes, con un aporte anual de 6 millones de toneladas de alimentos, además, las proyecciones estiman alcanzar 7.3 millones toneladas para 2030 (Abdel-Latif *et al.*, 2020).

La tilapia, presenta ventajas de producción sobre otras especies donde se puede destacar una alta conversión alimenticia (Gjedrem *et al.*, 2012), resistencia a enfermedades y puede ser cultivado bajo esquemas de alimentación extensivos. Así mismo, se ha reportado que estos organismos, pueden presentar buenos índices de producción en intervalos amplios de los parámetros de calidad del agua: con temperaturas entre 27-30 °C y disponibilidad de oxígeno entre 5-23 mg/L (Fajer-Ávila *et al.*, 2017; Makori *et al.*, 2017). Desafortunadamente, al igual que otras actividades agropecuarias, la acuicultura, ha presentado impactos derivados de la pandemia COVID-19.

Países como Estados Unidos de Norteamérica, han reportado pérdida de canales de comercialización a gran escala, mientras que, en Ghana, reportaron un retroceso global en la cadena de producción acuícola a nivel nacional (Ragasa *et al.*, 2022; Van Senten *et al.*, 2020). Ante la pandemia, el desempleo fue de los fenómenos sociales más destacados y que repercutieron, de forma importante, en la producción de alimentos (Hatayama *et al.*, 2021).

En México, la producción de tilapia, representa en algunas zonas geográficas, hasta 91% de la producción acuícola (Domínguez-May *et al.*, 2020). Su venta y consumo, es principalmente, a pie de granja, en una amplia variedad de platillos regionales, que incluyen presentaciones en como ceviche, empapelados y fritos (Lango-Reynoso, 2011). El estado de Hidalgo, cuenta con recursos hídricos que permiten el desarrollo de acuicultura, esto a partir de 24 ríos, 11 presas, 4 arroyos, 3 lagunas, cuerpos de agua que corresponden a las cuencas hidrológicas Pánuco y Tuxpan-Nautla (INEGI, 2017) y que permiten el cultivo de especies como tilapia (*Oreochromis niloticus*), trucha (*Oncorhynchus mykiss*), bagre (*Ictalurus punctatus*) y carpa (*Cyprinus carpio*), a partir de 610 unidades de producción, que se encuentran registradas en la entidad (Velasco-Amaro *et al.*, 2015). El estado de Hidalgo, colinda en la parte sur con la Ciudad de México (CDMX), característica que permite la explotación de bienes y servicios ambientales relacionados con la acuicultura y el turismo (OECD, 2019).

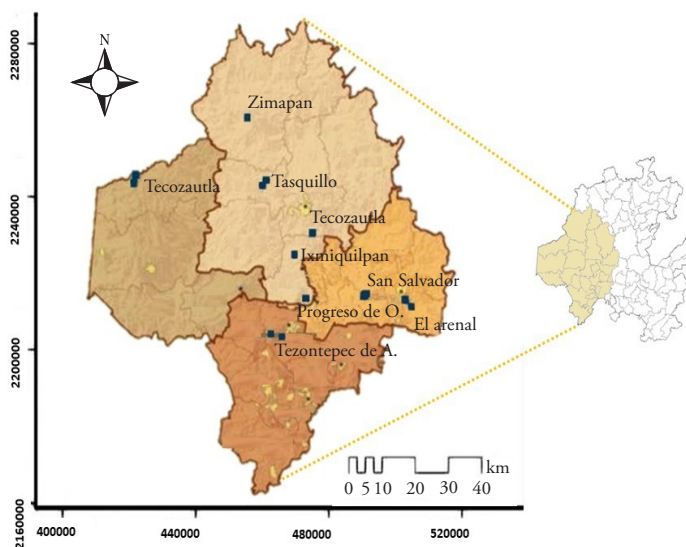
Sin embargo, esta misma situación, ha expuesto al estado de Hidalgo, a un estatus de riesgo durante la pandemia COVID-19, ya que es en la CDMX, donde se ha reportado el mayor número de casos positivos en México (Suárez *et al.*, 2020). Aunado a ello, los coronavirus (CoVs), han mostrado infección en el humano, así como en animales domésticos y silvestres (Decaro *et al.*, 2020; Ferri y Lloyd-Evans, 2021); esto plantea, la evaluación de los impactos generados por la pandemia de la COVID-19, en diferentes áreas productivas, en donde pueda abordarse la indagatoria sobre la percepción que tienen los productores, respecto a la relación que existe entre la pandemia y los diferentes sistemas de producción animal. Anteriormente, se ha reportado que las granjas acuícolas, exhiben diferente resiliencia económica ante los impactos del COVID-19, dependiendo de la buena gestión de las granjas, la inversión y el capital humano con que cuentan (Murray *et al.*, 2021). La respuesta de la industria acuícola ante el COVID-19, implicó un desafío, debido a los gastos generados para adquisición de insumos de bioseguridad (Villarreal *et al.*, 2021). Además, los gastos emergentes, se sumaron a la pérdida de empleo que diferentes poblaciones enfrentaron durante la etapa de confinamiento, lo que derivó en un factor estresor para el sistema alimentario (Van Senten *et al.*, 2020). Dichos sistemas alimentarios, resultan de la suma de interacciones entre autores de la cadena de producción, desde el suministro de insumos, venta, preparación, consumo y eliminación de desechos de un producto (Fan *et al.*, 2021); por lo que la evaluación de áreas que han sufrido efectos adversos, es necesaria para maximizar la resiliencia a largo plazo del sector acuícola y otras cadenas de producción alimentaria (Sarà *et al.*, 2022).

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

La región del Valle del Mezquital (Figura 1), se localiza a solo 60 km de la Ciudad de México, en el Estado de Hidalgo; abarca cerca de 642,653 ha y cuenta con una población de 900,000 habitantes, entre los que se encuentra 24% de la población indígena (Durán-Álvarez *et al.*, 2021). La principal fuente laboral en esta región, se basa en la agricultura, que subsiste gracias al ingreso de aguas residuales provenientes de la Ciudad de México (Pérez *et al.*, 2018). Además, el desarrollo económico de esta región, se complementa con la oferta de servicios turísticos asociados con los balnearios (García-Hernández y Tovar-García, 2012).

Así mismo, la zona cuenta con recursos hidrológicos como las subcuencas de los ríos Tula y San Juan (que incluyen los ríos Alfajayucan, Arroyo Zarco, Rosas, Salado, Tecozautla, Tlautla, Actopan y Tula) (López y Fournier, 2009), que permiten el desarrollo de prácticas de acuicultura, que se enfocan en la engorda semi intensiva de tilapia (275 toneladas por año) en zonas rurales, sostenida por cerca de 273 granjas de cultivo (Velasco-Amaro *et al.*, 2015).



Fuente: elaboración propia.

**Figura 1.** Estado de Hidalgo con acercamiento del Valle del Mezquital, se señala en puntos azules la ubicación de las granjas de tilapia donde se aplicaron las encuestas.

### Recolecta de información

Durante el mes de agosto de 2021, se aplicaron encuestas semi estructuradas, a los productores de tilapia de la región geocultural del Valle del Mezquital, en el Estado de Hidalgo, México. La encuesta aplicada, mostró un  $\alpha$  Cronbach de 0.7945, como una medida de covarianza entre los elementos de instrumento, calculada mediante la ecuación (1) (Sniukas, 2020), el índice arroja resultados entre 0-1, evidenciando una fuerte relación entre las preguntas del instrumento, cuando el índice obtenido es superior a 0.7 (Tuapanta *et al.*, 2017).

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum V_i}{Vt} \right] \quad (1)$$

Las encuestas, se aplicaron mediante entrevista individual en modalidad presencial, con una duración promedio de cuatro horas, con descansos intermedios a las dos horas de la aplicación (una encuesta por granja). Los municipios seleccionados para la aplicación, fueron aquellos en que se desarrolla acuicultura. Los cuestionarios, se enfocaron en la recolecta de información sobre los impactos generados por la pandemia de COVID-19, por el virus Sar-Cov-2, en las características socioeconómicas del productor, los efectos en las acciones administrativas, en los canales de comercialización y las estrategias para miti-

gar los efectos adversos. El tamaño de muestra ( $n_h$ ), se obtuvo por estratificación óptima, considerando gastos de toma de muestra y nivel de producción, a partir de un universo muestral de 273 granjas de tilapia, localizadas en siete de las diez regiones geoculturales del Estado de Hidalgo. El tamaño de muestra ( $n_h$ ), se calculó para cada región geocultural, por medio de la ecuación (2), de acuerdo con Brus *et al.* (2018) (Cuadro 1).

$$n_h = n \frac{N_h \sigma_h^2(y)}{\sqrt{C_h}} \div \sum_{h=1}^L \frac{N_h \sigma_h^2(y)}{\sqrt{C_h}} \quad (2)$$

La región del Valle del Mezquital, fue seleccionada para este estudio, debido a las características que la relacionan con la Ciudad de México y por qué presentó el mayor número de unidades de producción acuícola en el estado de Hidalgo. La  $n_h$  fue de 17 granjas, finalmente, las granjas fueron seleccionadas completamente al azar para la aplicación de las encuestas (Cuadro 2).

### Análisis de la información

La información obtenida mediante la aplicación de las encuestas, se clasificó en cuatro apartados: 1) percepción del COVID-19, 2) efectos socioeconómicos en los productores, 3) efectos en la cadena de producción y 4) estrategias de mitigación. Los datos, fueron capturados y tabulados para su análisis mediante estadística descriptiva (Antwi *et al.*, 2017). Los datos correspondientes al impacto económico, se expresaron en dólares americanos (USD), considerando el tipo de cambio (20.44 pesos MXN por 1 USD) al 18 de marzo de 2022. Estos datos, se analizaron de acuerdo con su geografía, a través de la elaboración de mapas a partir de *shape files*, procesados con RStudio (Boston, MA, USES) (Mardones, 2020). La unidad de análisis, fue geográfico a nivel municipal, debido que las granjas de la región bajo estudio, son catalogadas como unidades de producción acuícola de tipo rural semiintensiva (Vega *et al.*, 2010; Velasco *et al.*, 2012, 2015); esta condición en las granjas seleccionadas para el estudio, fue confirmada al realizar las visitas, las granjas compartieron similitudes de manejo definido por redes sociales, para el desarrollo rural, que son coadyuvadas por la parte gubernamental.

## RESULTADOS

### Percepción de la COVID-19 en los productores de tilapia

Las encuestas se aplicaron a productores de tilapia de 17 granjas de producción rural semiintensiva, que pertenecen a 15 localidades en la región geocultural

**Cuadro 1.-**Muestreo estratificado óptimo por regiones geoculturales, que cuentan con actividad acuícola de tilapia en el Estado de Hidalgo, México.

Elementos	Granjas por región	$\sigma$ (producción en ton)	Costo de aplicación de encuesta	Interacción (granjas- $\sigma$ producción-costo de aplicación)	Interacción de componentes/ suma de las interacciones de todos los estratos	Tamaño de muestra optimizado
Regiones	$n$	$\sigma_h^2(y)$	$\bar{C}_h$	$\frac{n \sigma_h^2(y)}{\sqrt{\bar{C}_h}}$	$h = \frac{N \frac{\sigma_h^2(y)}{h \sigma_h^2(y)} \sqrt{\bar{C}_h}}{\sum_{h=1}^L \frac{N \sigma_h^2(y)}{h \sigma_h^2(y)} \sqrt{\bar{C}_h}}$	$n_h$
Huasteca	37	2.2094	828.0890	2.8407	0.3163	11.7061
Sierra Alta	21	0.2524	689.3909	0.2019	0.0224	0.4722
Sierra Gorda	25	1.7893	879.1018	1.5087	0.1680	4.2008
Sierra Baja	38	0.5686	613.0345	0.8727	0.0972	3.6936
Valle del Mezquital	120	0.2002	1,012.3245	0.9817	0.1093	17.0658
Comarca Minera	4	1.4856	256.6869	0.3709	0.0413	0.1652
Sierra de Tenango	21	0.2805	438.3327	0.2814	0.0313	0.6582
Valle de Tulancingo	7	4.4761	267.4916	1.9157	0.2134	1.4943
Totales	273		$\sum_{h=1}^L \frac{N \sigma_h^2(y)}{h \sigma_h^2(y)} \sqrt{\bar{C}_h}$	8.9789		

Fuente: elaboración propia a partir de datos del universo muestral, 2020.

**Cuadro 2.** Identificación de las 17 granjas de tilapia en el Valle del Mezquital que se incluyeron en el estudio.

ID	Datos de la granja					Datos del productor			
	Municipio	Localidad	Latitud	Longitud	Tipo de granja	Género	Edad	Antigüedad	
S1	Zimapán	El Cuarto	20.685085	-99.354951	Semiintensiva	F	44	15	
S2	Tasquillo	Remedios	20.529387	-99.309382	Semiintensiva	F	29	18	
S3	Tasquillo	La Vega	20.54342	-99.298828	Semiintensiva	F	30	10	
S4	Ixmiquilpan	Maguay Blanco	20.423024	-99.164611	Semiintensiva	F	61	20	
S5	El Arenal	El Rincón	20.270059	-98.89466	Semiintensiva	M	56	7	
S6	El Arenal	El Rincón	20.254684	-98.876271	Semiintensiva	M	56	6	
S7	San Salvador	El Bondhó	20.283618	-99.007561	Semiintensiva	M	44	10	
S8	San Salvador	San Salvador	20.281176	-99.012722	Semiintensiva	M	73	2	
S9	San Salvador	El Olvera	20.277841	-99.016137	Semiintensiva	M	57	20	
S10	Tezontepec de Aldama	Mangas	20.186298	-99.253231	Semiintensiva	M	67	30	
S11	Tezontepec de Aldama	Santiago Acayudán	20.192371	-99.285684	Semiintensiva	M	44	10	
S12	Chilcuautla	Tlacoapilco	20.372733	-99.217742	Semiintensiva	M	40	15	
S13	Progreso de Obregón	Los Manantiales	20.273672	-99.184239	Semiintensiva	M	60	10	
S14	Tecozautla	Gandho	20.553687	-99.677095	Semiintensiva	F	57	20	
S15	Tecozautla	Gandho	20.555123	-99.679767	Semiintensiva	M	54	16	
S16	Tecozautla	Tecozautla	20.535839	-99.684407	Semiintensiva	M	42	16	
S17	Ixmiquilpan	Maguay Blanco	20.421881	-99.164953	Semiintensiva	M	54	21	

Fuente: elaboración propia a partir de datos del universo muestral, 2020.

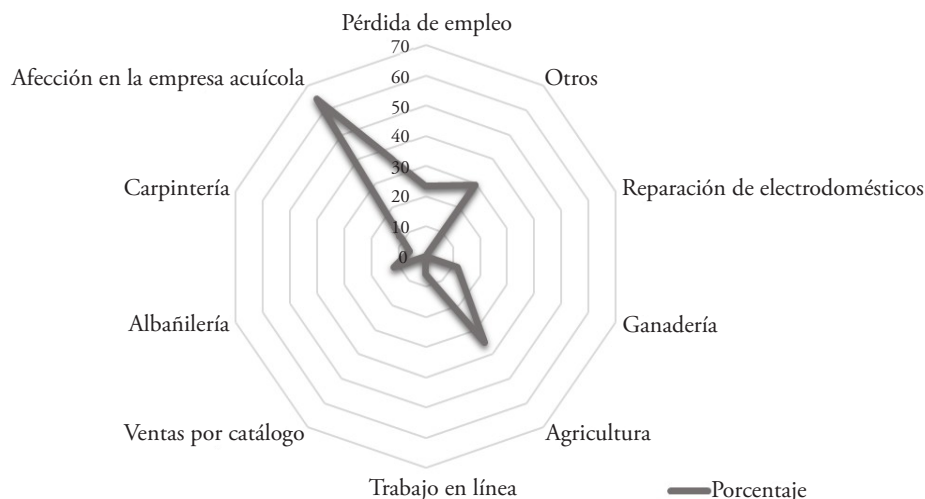
del Valle del Mezquital ( $n_h=17$ ; Cuadro 1) (Cuadro 2). Los encuestados, fueron hombres (70.6%), con un rango de edad entre 29 y 73 años, quienes mencionaron tener experiencia de 2 a 30 años en la acuicultura de tilapia.

En la información relacionada con la percepción de la COVID-19, por parte de los productores, se registró que 94.1% de los encuestados, identificaron la enfermedad enunciando nombres como COVID, COVID-19 y coronavirus, para hacer referencia del agente causal, un aspecto relevante para la adaptación a los cambios generados por la enfermedad. Así mismo, el 23.5% de los encuestados, creen que existen posibilidades de que, la enfermedad afecte a sus peces en cultivo, debido a la desinformación en el sector y de esta forma, puedan afectar la calidad del mercado. En la dinámica de propagación de la enfermedad, 17.6% de los encuestados, manifestaron haber presentado infección por COVID-19.

Además, cabe señalar que, hasta un 76.5% de las granjas estudiadas, mantienen contacto con al menos una persona que había presentado la infección, 41.2% con vecinos (otros), 17.6% con sus padres, mientras que contacto con hermanos y clientes con infección representaron 11.8%. Los productores, seleccionaron los noticieros transmitidos por TV como el canal de información más recurrente (88.2%), seguido del uso de redes sociales por medio de internet (29.4%). Como complemento, los canales de información de autoridad local, sanitaria e información vecinal, fueron utilizadas por un 5.8% de las granjas encuestadas; el alto porcentaje de productores que tuvieron información respecto a la enfermedad, permitió credibilidad de la situación sanitaria y una mejor postura para enfrentar los efectos adversos que provocó el COVID-19 en el sector.

### **Efectos socioeconómicos de la pandemia por la COVID-19 en los productores de tilapia**

De los productores 35.3%, se dedicaron a actividades agrícolas, 29.4% a actividades varias (otros). Oficios como albañilería y crianza de otras especies de traspatio, presentaron 11.76% de mención y en complemento, 5.9% de los encuestados, recurrieron a actividades de carpintería y de trabajo online (Figura 2). Con respecto a la pandemia por COVID-19, generó daños socioeconómicos entre los productores de tilapia. De los acuicultores 23.5% , reportaron haber perdido su fuente de empleo, cuando estos mantenían una relación laboral fuera de la producción de tilapia. Además, 64.7%, manifestaron que la pandemia, afectó de alguna forma su negocio en la acuicultura, en donde uno de los impactos de mayor preocupación, fueron sus mermas económicas, derivadas del distanciamiento social. Esta merma de ingreso económico a los hogares de los productores, impulsó a su inclusión en actividades remuneradas alternativas, en este sentido, la acuicultura, es una actividad secundaria para muchas personas, lo que permitió mitigar la disminución de recursos en las familias de los productores.

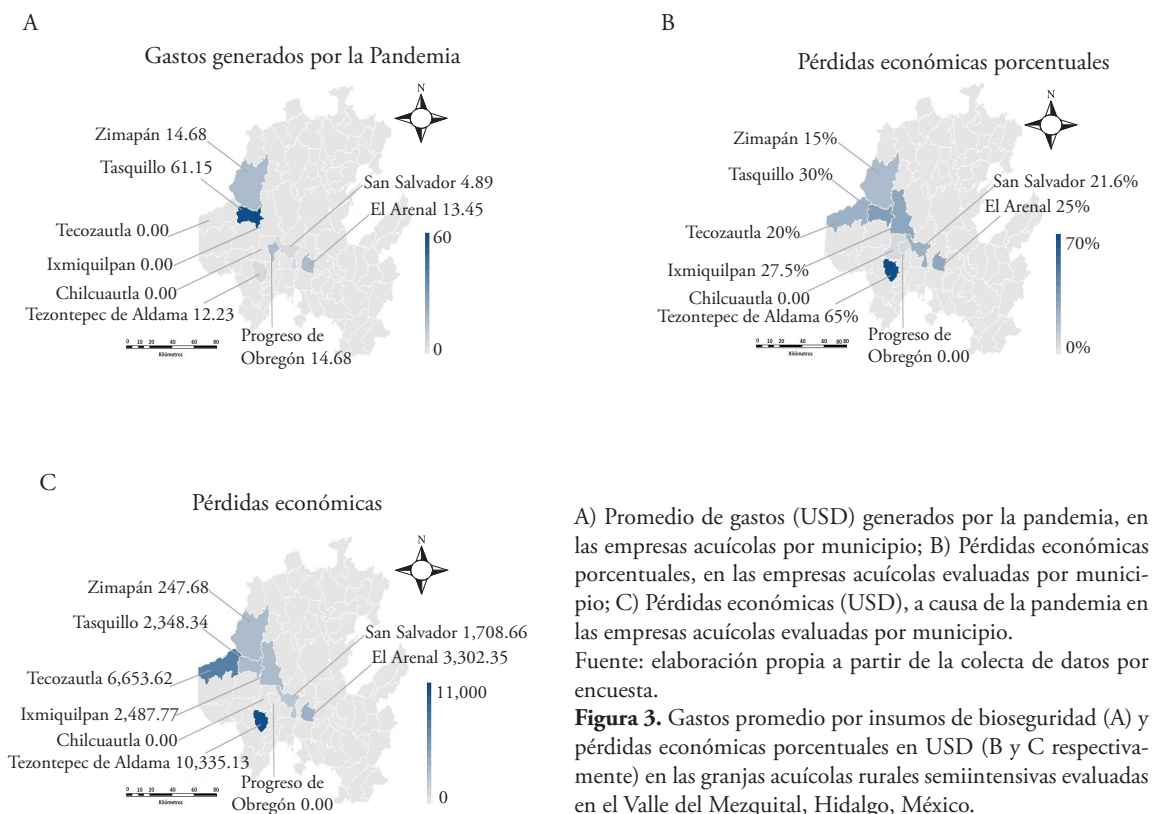


Fuente: elaboración propia

**Figura 2.** Afecciones en el desempeño socioeconómico de los productores de tilapia a causa de la pandemia por la COVID-19; los datos se expresan como porcentaje de mención.

### Efectos en la cadena de producción de tilapia

La media general de gastos por pandemia en las granjas rurales semiintensivas (p. e. tapetes sanitarios, mascarillas, gel antibacterial y otros insumos sanitizantes), fue de 13.4 USD en una sola exhibición (Figura 3a). En particular, las granjas ubicadas en el municipio de Tasquillo, reportaron una mayor inversión para bioseguridad con 61.15 USD como media. En contraparte, tres municipios (Tecozautla, Ixmiquilpan y Chilcuautla), manifestaron no haber realizado inversión en este rubro. En los municipios de Tecozautla e Ixmiquilpan, se manifestaron pérdidas económicas de 20% y 27.5%, correspondientes a un año de producción (Figura 3b). En Tezontepec de Aldama, se manifestó la mayor pérdida económica, con mermas de 65% de los ingresos esperados; tanto en Chilcuautla, como en Progreso de Obregón, no reportaron una merma económica porcentual. El mayor impacto económico, se registró en el municipio de Tezontepec de Aldama, con un déficit de 10,335.13 USD, seguido de Tecozautla, con una merma de ingreso económico de 6,653.62 USD (Figura 3c). Las mermas económicas, fueron relacionadas por los productores con el desfase de las actividades programadas (Cuadro 3); las siembras, se retrasaron 35.3% en las granjas, con un desfase medio de 1.3 meses. Esto se relaciona, con el hecho de que el producto en la granja, no pudo ser comercializado y actividades como cosechas parciales y totales, se retrasaron en 17.6% y 29.4% de las granjas respectivamente. Las ventas preestablecidas del producto en acuerdos comerciales, presentaron un desfase de 11.8% de las granjas, debido a que los compradores, pospusieron sus pedidos ante la incertidumbre de poder comercializarlo.



A) Promedio de gastos (USD) generados por la pandemia, en las empresas acuícolas por municipio; B) Pérdidas económicas porcentuales, en las empresas acuícolas evaluadas por municipio; C) Pérdidas económicas (USD), a causa de la pandemia en las empresas acuícolas evaluadas por municipio.

Fuente: elaboración propia a partir de la colecta de datos por encuesta.

**Figura 3.** Gastos promedio por insumos de bioseguridad (A) y pérdidas económicas porcentuales en USD (B y C respectivamente) en las granjas acuícolas rurales semiintensivas evaluadas en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México.

**Cuadro 3.** Efectos adversos derivadas de la pandemia COVID-19, en la planeación de actividades de cultivo en las granjas de tilapia del Valle del Mezquital.

Actividades con desfase	Porcentaje de mención	Mínimo	Máximo	Media±DesvEst
				Desfase en meses
Siembra	35.29	0	12	1.35±2.93
Cosecha parcial	17.64	0	12	0.17±2.95
Cosecha total	29.41	0	12	0.29±3.37
Ventas preestablecidas	11.76	0	12	0.11±2.95
Limpiezas profundas	23.52	0	12	0.23±2.95
Expansión de infraestructura	11.76	0	12	0.11±3.98
Eventos cancelados	Porcentaje de mención	Cancelación de eventos		
Cursos de capacitación	64.70	0	3	1.29±1.10
Ventas	0	0	0	0.0±0.0
Gastronómicos	5.88	0	1	0.05±0.24
Promoción	0	0	0	0.0±0.0
Arreglos comerciales	5.88	0	1	0.05±0.24

Fuente: elaboración propia a partir de datos recabados por encuesta.

En conjunto, esto dificultó el desarrollo de otras actividades en las granjas, como las limpiezas profundas que se pospusieron 23.5% en las granjas, previo al inicio de siguiente ciclo de producción. Estas dificultades operativas, indujeron a 11.8% de los productores, a posponer la expansión de infraestructura en su granja. Los productores de tilapia, manifestaron la cancelación de actividades relacionadas a la mejora de producción y venta de sus productos (Cuadro 3). De los encuestados 64.7%, mencionó la cancelación de asistencia a cursos de capacitación, con hasta tres cursos cancelados en el año de pandemia. Mientras que la asistencia a eventos gastronómicos y foros para acuerdos comerciales, se canceló en un 5.9% de las granjas encuestadas.

Así mismo, los canales de comercialización, presentaron dificultades puntuales. De las granjas 35.3%, no pudieron adquirir cría de tilapia, debido a las indicaciones de distanciamiento social, que mermaron el ingreso de crías al estado, provenientes de los proveedores de los estados de Veracruz y Michoacán principalmente. El 29.4%, manifestó la pérdida de los canales de compra de alimentos para el cultivo. Otros canales de adquisición de insumos, se vieron afectados en menor medida; la adquisición de insumos, como equipo de bioseguridad, artes de pesca, sustancias químicas, medicamentos y servicios técnicos y veterinarios, fueron bloqueados para 5.8% de los encuestados. De forma complementaria, los encuestados manifestaron la pérdida de canales de venta: 41.2% de las granjas, perdieron canales de venta local (producto a pie de granja), mientras que 35.3%, manifestó pérdida de venta a turistas; del mismo modo, se mencionó la pérdida de canales de comercialización de tipo municipal (17.6%), estatal (17.6%) y a restaurante (5.9%).

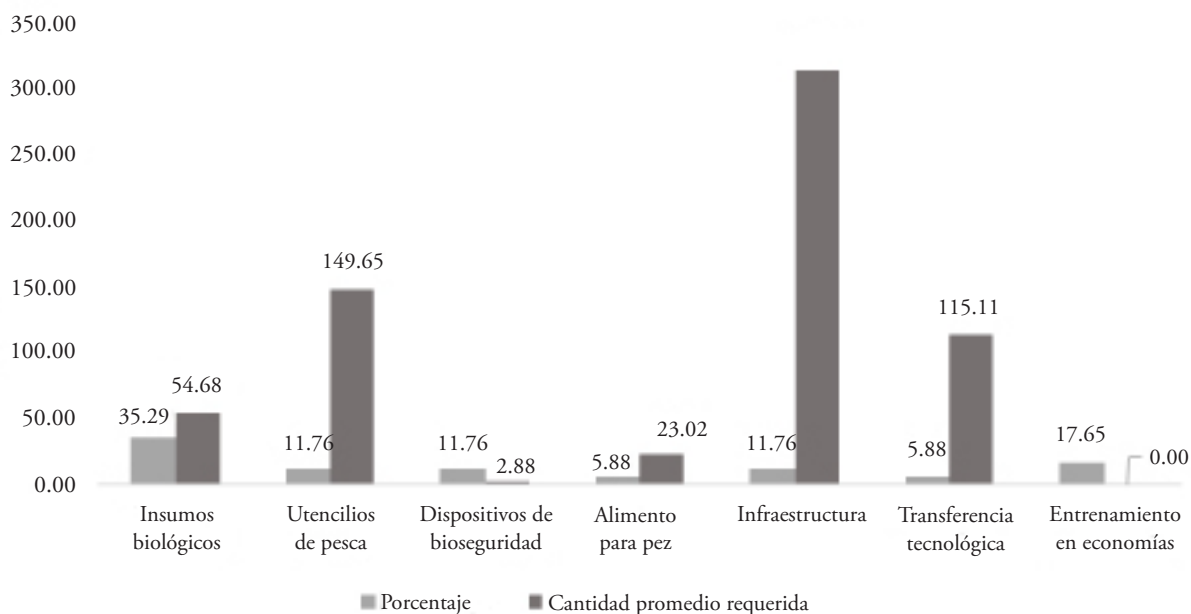
### **Estrategias de mitigación del impacto por COVID-19 en la cadena de producción de tilapia**

Ante las adversidades generadas por la pandemia, los productores aplicaron y pretenden aplicar diversas actividades de mitigación. No obstante, solo 17.6% de las granjas, han acatado protocolos de salud, de acuerdo a indicaciones emitidas por diferentes niveles de autoridad sanitaria. Por otro lado, los productores reportaron en 52.9%, que aplicar valor agregado a sus productos, puede coadyuvar a mitigar la baja en las ventas de tilapia; esta estrategia se acompañó de alternativas como el uso de ahorros familiares (23.5%), ampliar una cartera de clientes (17.6%), solicitud de créditos (11.7%) y como opciones de menor mención, ampliar la cartera de clientes y la búsqueda de inversionistas, ambas con 5.8% de las menciones. Cabe destacar, que algunas opciones como venta o empeño de pertenencias, así como la modificación de los costos de venta del producto, no fueron considerados como opción para la mitigación de los impactos producidos por la COVID-19.

Finalmente, 35.3% de los encuestados, mencionaron que requerirán apoyo en la compra de insumos biológicos, con un monto medio de 54.7 USD por granja, lo que representa la adquisición de cerca de 1,000 alevines, para el desarrollo de un ciclo de producción, una cantidad utilizada en los pequeños sistemas de producción semiintensiva del Valle del Mezquital. Por otro lado, 17.6% de los productores, mencionó que se requerirá de capacitación sobre aspectos económicos, aunque manifestaron desconocer el costo para este concepto. El 11.8%, mencionó requerir apoyo en la infraestructura y un porcentaje similar al anterior, en la compra de utensilios de pesca. Para estos conceptos, los productores manifestaron requerir apoyo de 316.56 USD y 149.65 USD respectivamente (Figura 4), en un análisis global la experiencia de los productores en la acuicultura (14.4 años) y su edad (50 años), fue determinante para mostrar resiliencia, ante el impacto socioeconómico causado por la pandemia COVID-19, no obstante, como fue señalado por los productores, se requiere de apoyos, para evitar el abandono de la actividad.

## DISCUSIÓN

La percepción que se tiene del coronavirus, tiene un impacto significativo en aspectos de salud mental y en la probabilidad de que las personas respeten las reglas de confinamiento. El alto porcentaje de productores de tilapia en el Valle del Mezquital, que identifican al agente causal de la pandemia, juega un



Fuente: elaboración propia a partir de información colectada por encuesta los datos se expresan como porcentaje de mención y cantidad promedio requerida en USD.

**Figura 4.** Insumos y costos propuestos por los encuestados para mitigar los efectos de la pandemia por la COVID-19 en sus empresas.

papel importante (Cori *et al.*, 2020; De Saint Laurent *et al.*, 2022), debido a que se ha reportado que los coronavirus (CoVs), pueden desarrollar infección en el humano, así como en animales domésticos y silvestres (Decaro *et al.*, 2020; Ferri y Lloyd-Evans, 2021). Incluso, entre las cuatro familias de coronavirus, los agrupados como *Deltacoronavirus*, pueden infectar a algunas especies de peces (Tiwari *et al.*, 2020). Sin embargo, existen reportes que indican, que es poco probable la unión de Sars-Cov-2 (*Betacoronavirus*) con los receptores ACE2 en la mayoría de los peces (Ferri y Lloyd-Evans, 2021). Esta información, es determinante en la percepción de riesgo que los productores pueden relacionar del Sars-Cov-2 hacia la salud y calidad de sus peces.

Ante percepciones erróneas de las poblaciones sobre Sars-Cov-2, los canales de comunicación jugaron un papel importante; desafortunadamente, el brote de COVID-19, se ha acompañado de una gran cantidad de información falsa proporcionada a la población, principalmente, por las redes sociales, una vía de consulta recurrente por los encuestados (Apuke y Omar, 2021; Van der Linden *et al.*, 2020). Este escenario, invita a mejorar la disponibilidad y contenido de información por parte de la autoridad sanitaria en México. En el Valle del Mezquital, la búsqueda de información, se relacionó a indicaciones para el culmino del distanciamiento social, debido a que los impactos a la industria fueron evidentes.

Por otro lado, el desempleo, fue de los problemas más destacados relacionados a la pandemia por la COVID-19. En áreas geográficas como Georgia en EUA, se reportó hasta un 10.9% de bajas permanentes y 19.3% de desempleo de la industria privada informal por COVID-19, dato inferior al desempleo reportado por los acuicultores de tilapia y la afección en sus empresas en nuestro estudio (23.53%) (Hatayama *et al.*, 2021).

Así mismo, el desempleo en la acuicultura del Valle del Mezquital, refleja la situación a nivel nacional en México, donde entre marzo y abril de 2020, se perdieron cerca de 12 millones de empleos en la población económicamente activa, 21% por COVID-19 (Campos-Vazquez *et al.*, 2021). Por lo anterior, los productores acuícolas y otros trabajadores del campo, tendrán que adherirse a fuentes alternativas de empleo, mismas que desafortunadamente, tienden a la informalidad y a condiciones precarias laborales (Hoehn-Velasco *et al.*, 2022). Esta transición de la ocupación y la merma de ingresos en las granjas, refleja que el COVID-19 ha generado una crisis económica en diferentes industrias, incluyendo las actividades emergentes como la acuicultura (Meza y Hernández, 2020).

No obstante, la respuesta de los productores, fue discreta de acuerdo a los gastos aplicados en implementos de bioseguridad (máximo de 61.15 USD anuales), ya que otras regiones de México, como en la ciudad de Querétaro, se reportó un gasto medio anual familiar de 527.27 USD, para la adquisición de elementos de bioseguridad (Villarreal *et al.*, 2021). La baja inversión por parte

de los productores, contrasta con un valor de mercado de la industria de la tilapia, estimado en 132 millones de pesos para el estado de Hidalgo (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-SIAP, 2020). Aunado al distanciamiento social, los productores reportaron pérdidas de hasta 10,335.13 USD por ciclo de producción, situación que se ha observado en otras industrias, como la ganadería y el procesamiento de cárnicos (Chen y Yang, 2021).

La información colectada, sugiere que la acuicultura en el Valle del Mezquital, es una industria susceptible de pérdidas económicas, situación que deja desprotegidos a los productores, ante eventuales gastos de prevención y atención de la enfermedad (Islam *et al.*, 2021). Las pérdidas económicas registradas en la acuicultura, presentan múltiples orígenes, entre ellos, la clausura de actividades no esenciales establecidas a nivel nacional en México (Gobierno de México, 2020) y la baja actividad en los canales de comercialización, estas particularidades, derivaron en altas densidades de cultivo estancadas y descuidos en los estándares de producción (Marchant-Forde y Boyle, 2020; Murray *et al.*, 2021). Las dificultades que se presentaron, evidenciaron una respuesta muy variable de parte de los productores del Valle del Mezquital, ya que las actividades planeadas, reportaron desfases en un intervalo de 0 a 12 meses, donde algunos productores, no modificaron su planificación y otros tuvieron un efecto sustancial.

Por ejemplo, en Bangladesh, se reportó una baja de 28% en los precios del pollo del 1 de enero al 25 de marzo del 2020. Estos cambios, fueron influenciados por la restricción de movilidad y las interrupciones en las cadenas de suministro (Sattar *et al.*, 2021). Para los productos acuícolas en Tailandia, se requirió de estímulos financieros gubernamentales, ante la baja demanda de sus productos (Chanrachkij *et al.*, 2020). Estas restricciones, pueden afectar en mayor medida, si el producto en cuestión, es de consumo a pie de granja en una amplia proporción, como es el caso de la tilapia en México (Lango-Reynoso, 2011). De manera global, Asia reportó efectos adversos por pandemia en la acuicultura de tilapia y otras especies; en China, Bangladesh y Filipinas, los principales fueron: desfases en el inicio de ciclos de producción, dificultades para adquisición de alimentos, además de restricciones para el transporte de los productos (Islam *et al.*, 2021; Manlosa *et al.*, 2021; Yuan *et al.*, 2022).

Además, se sumaron la pérdida de canales de compra y venta de insumos, pérdida de proveedores de sustancias químicas, medicamentos, equipo de bioseguridad, servicios técnicos y servicios veterinarios. Todo ello, propicio un impacto negativo para el desarrollo de la actividad acuícola (Islam *et al.*, 2021). Las afecciones reportadas, sugieren la necesidad de identificar acciones para la mitigación de los efectos post pandémicos (Mohanty *et al.*, 2020) y el desarrollo de estrategias de intervención, para la recuperación económica en zonas con actividad acuícola (Islam *et al.*, 2021; Manlosa *et al.*, 2021; Yuan *et al.*, 2022).

En este trabajo, las principales áreas de oportunidad reportadas por los productores, fueron la mejora de sus protocolos de bioseguridad y dar valor agregado al producto en venta. En China, se ha reportado que la adición de valores agregados, aunado a la formación de asociaciones cooperativas para la venta de productos, puede potenciar la recuperación del sector acuícola (Yuan, *et al.*, 2022).

Es importante, continuar con programas de capacitación al sector acuícola, lo que ha demostrado su funcionalidad en la progresión de la acuicultura, incluso antes de la pandemia (De *et al.*, 2013; Lind *et al.*, 2015). Sin embargo, los productores del Valle del Mezquital, desconocen el valor de adquisición en este concepto. En complemento, se ha reportado que la participación de los gobiernos como mediadores de financiamiento, puede ser determinante. Su participación, puede ser a través de préstamos con intereses subvencionados y con plazos más amplios para los pagos, apoyos que permitan a los productores de tilapia realizar las adquisiciones que consideren relevantes, para que sus empresas continúen en funcionamiento (Yuan *et al.*, 2022).

Cabe destacar, que la evaluación de los impactos por COVID-19, se ha reportado con diferentes enfoques, dada la complejidad propia de una cadena de producción como la de tipo acuícola. Erol en 2022, reporta que la pandemia por COVID-19, derivó en la disminución de los recursos externos totales en la acuicultura en Turquía, con una disminución de 13% de los activos totales, efectos menores a los reportados en este estudio. Además, la acuicultura en Turquía, respondió a la pandemia con un aumento en la participación de recursos externos, evidenciando que, en el Valle del Mezquital, la negativa en la búsqueda de inversores, puede mermar la resiliencia económica. En un contexto regionalizado, la acuicultura en Tailandia, evidenció afección por COVID-19 en 89% de granjas evaluadas, valor superior a 64.7% de granjas afectadas en el Valle del Mezquital; además, los efectos fueron similares, incluyendo la disminución del número de canales de mercado y mitigar los impactos económicos mediante los ingresos de la producción agrícola (Chumchuen *et al.*, 2022).

En Japón, se evidenció una recesión económica del sector acuícola derivado del COVID-19, estos efectos adversos, se acentuaron en mayo de 2020, asociados principalmente, al estancamiento de la demanda (Kobayashi, 2022), esta condición, se evidencio en los productores del Valle del Mezquital, como la pérdida de los canales de venta en hasta 35.3%. Este tipo de impactos, fue evaluado incluso, en países de la Unión Europea; los reportes, mostraron que la pérdida de canales de venta a turistas, mercados y restaurantes, fueron de alta relevancia en el desafío de la pandemia para el sector acuícola (Nielsen *et al.*, 2023). Además, otros estudios regionales en acuicultura rural, concuerdan con que los principales impactos de COVID-19 en el sector acuícola, fueron las restricciones de movilización del producto, reducción de la demanda y pérdidas de empleo

(Atalay *et al.*, 2024; Avento *et al.*, 2024), ante estas situaciones, la diversificación de estrategias, es determinante para mitigar los impactos generados por este entorno adverso, causado por un estresor antropogénico (Wang *et al.*, 2024); por lo anterior, las propuestas de mitigación descritas por los productores acuícolas del Valle del Mezquital, pueden ser determinantes para la resiliencia socioeconómica de las empresas acuícolas.

Los efectos adversos identificados en este estudio y que fueron causados por la COVID-19 en la acuacultura rural semiintensiva en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México, puede proveer de información útil para la elaboración y ajustes de programas y políticas de intervención, para coadyuvar a la industria de productos cárnicos acuícolas. Su monitoreo y estudio a mediano y largo plazo, es una tarea que permitirá estar mejor preparados ante eventos de alto impacto, como el causado por la pandemia de COVID-19.

### CONCLUSIONES

La pandemia COVID-19, mostró la vulnerabilidad que presentan los sistemas de producción acuícola, desde un enfoque particular hasta uno regional; su impacto en la acuacultura, está asociado con aspectos comerciales, que se han visto amenazados en áreas vulnerables, como el Valle del Mezquital. Los principales efectos, se observaron a nivel socioeconómico y de planeación.

Además, los cambios generados, implican retos particulares, que pueden derivar en riesgos financieros y de funcionalidad de las microempresas. Debido a ello, los productores de tilapia demandan, como en otras áreas de producción, canales de información y capacitación confiables, así como apoyos logísticos, respecto a los canales de comercialización. Finalmente, este y otros estudios, pretenden analizar información útil para la formulación de políticas públicas, encaminadas coadyuvar en la reactivación de áreas de producción alimentaria de forma integral.

### AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por la beca otorgada a VJO Acosa-Pérez, para la realización de sus estudios de postgrado en el Doctorado en Ciencias de los Alimentos y Salud Humana de la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo (UAEH).

### REFERENCIAS

- Abdel-Latif HMR, Dawood MAO, Menanteau-Ledouble S, El-Matbouli M. 2020. The nature and consequences of co-infections in tilapia: A review. *J. Fish Dis.* 43(6). 651–664. <https://doi.org/10.1111/jfd.13164>.
- Adugna M. 2020. The Prevalence of Fish Parasites of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Selected Fish farms, Amhara Regional State. *Ethiop. J. Agric. Sci.* 30(3). 119–128. [https://www.researchgate.net/publication/354765193\\_The\\_Prevalence\\_of\\_Fish\\_Parasites\\_of\\_Nile\\_Tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_in\\_Selected\\_Fish\\_farms\\_Amhara\\_Regional\\_State](https://www.researchgate.net/publication/354765193_The_Prevalence_of_Fish_Parasites_of_Nile_Tilapia_Oreochromis_niloticus_in_Selected_Fish_farms_Amhara_Regional_State).
- Antwi DE, Kuwornu JKM, Onumah EE, Bhujel RC. 2017. Productivity and constraints analysis of commercial tilapia farms in Ghana. *Kasetsart Journal of Social Sciences.* 38(3). 282–290. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2016.12.001>.

- Apuke OD, Omar B. 2021. Fake news and COVID-19: modelling the predictors of fake news sharing among social media users. *Telematics and Informatics*. 56: 101475. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101475>.
- Ariño A, Beltrán JA, Herrera A, Roncalés P. 2013. Fish and seafood: Nutritional Value. *In: Encyclopedia of Human Nutrition*, 3th Ed.; Caballero B (ed); Academic Press: Zaragoza, España, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00110-0>. pp: 254–261.
- Atalay MA, Sevgili H, Giannetto D, Sarà G, Kanyılmaz M, Erkan S, Mangano MC. 2024. A stakeholders' perception: Turkish aquaculture sector under COVID-19 pandemic effect with consideration of anthropogenic stressors. *Marine Policy*. 164. 106153. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106153>.
- Avento R, Tazhibaeva B, Nishaeva S, Kortet R. 2024. Impact of COVID-19 on fisheries and aquaculture in Kyrgyzstan. *Aquaculture*. 588: 740961. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740961>.
- Baldissera MD, Souza CF, Zeppenfeld CC, Velho MC, Klein B, Abbad LB, Ourique AF, Wagner R, Da Silva AS, Baldisserotto B. 2020. Dietary supplementation with nerolidol nanospheres improves growth, antioxidant status and fillet fatty acid profiles in Nile tilapia: Benefits of nanotechnology for fish health and meat quality. *Aquaculture*. 516. 734635. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734635>.
- Brus DJ, Yang L, Zhu AX. 2018. Accounting for differences in costs among sampling locations in optimal stratification. *European Journal Soil Science*. 70(1): 200–212. <https://doi.org/10.1111/ejss.12731>.
- Campos-Vazquez RM, Esquivel G, Badillo RY. 2021. How has labor demand been affected by the covid-19 pandemic? Evidence from Job Ads in Mexico. *Latin American Economic Review*. 30. 1-42. <https://doi.org/10.47872/laer-2021-30-1>.
- Chanrachkij I, Laongmanee P, Lanmeen J, Suasi T, Sornkliang J, Tiaye R, Yasook T, Putsa S & Chumchuen SV. 2020. Severity of the impacts of COVID-19 pandemic on small-scale fisheries of Thailand: A preliminary assessment. *Fish for the People*. 18(2). 43–47. <http://hdl.handle.net/20.500.12066/6563>.
- Chen J, Yang CC. 2021. The impact of covid-19 on the revenue of the livestock industry: A case study of China. *Animals*. 11(12). 3586. <https://doi.org/10.3390/ani11123586>.
- Chibwana FD, Mshana JG, Katandukila JV. 2020. A Survey of Fish Parasites from Pangani Catchment and Lake Kitangiri in Singida, Tanzania. *Tanzania Journal of Science*. 46(1). 42–52. <https://journals.udsm.ac.tz/index.php/tjs/article/view/3264>.
- Chumchuen W, Chumchuen SV, Rattanapun E, Chanprang K, Klubsungnoen R, Buddama S. 2022. Impacts of COVID-19 on small-scale aquaculture of marine species in earthen ponds in Surat Thani Province, Thailand. *Aquaculture*. 562. 738752. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738752>.
- Cori L, Bianchi F, Cadum E, Anthonj C. 2020. Risk Perception and COVID-19. *International Journal of Environmental Research Public Health*. 17(9). 3114. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093114>.
- De HK, Saha GS, Radheyshyam. 2013. Aquaculture Field School to Promote Farmer-to-Farmer Extension. *Journal of Global Communication*. 6(2). 77-85. <https://doi.org/10.5958/j.0976-2442.6.2.013>.
- De Saint Laurent C, Glaveanu VP, Literat I. 2022. Mimetic Representations of the COVID-19 Pandemic: An Analysis of Objectification, Anchoring, and Identification Processes in Coronavirus Memes. *Psychology of Popular Media*. 11(4). 340-354. <https://doi.org/10.1037/ppm0000370>.
- Decaro N, Martella V, Saif LJ, Buonavoglia C. 2020. COVID-19 from veterinary medicine and one health perspectives: What animal coronaviruses have taught us. *Research Veterinary Science*. 131. 21-23. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.04.009>.
- Domínguez-May R, Poot-López GR, Hernández J, Gasca-Leyva E. 2020. Dynamic optimal ration size in tilapia culture: Economic and environmental considerations. *Ecological Modelling*. 420. 108930. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.108930>.
- Durán-Álvarez JC, Jiménez B, Rodríguez-Varela M, Prado B. 2021. The Mezquital Valley from the perspective of the new Dryland Development Paradigm (DDP): present and future cha-

- allenges to achieve sustainable development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 48. 139–150. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.005>.
- Erol S. 2022. Financial and economic impacts of the COVID-19 pandemic on aquaculture in Türkiye and financial policy recommendations. *Marine Policy*. 146. 105313. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105313>.
- Fajer-Avila EJ, Medina-Guerrero RM, Morales-Serna FN. 2017. Strategies for prevention and control of parasite diseases in cultured tilapia. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 3(2). 25–31. <https://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/33>.
- Fan S, Teng P, Chew P, Smith G, Copeland L. 2021. Food system resilience and COVID-19 – Lessons from the Asian experience. *Global Food Security*. 28. 100501. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100501>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook 2019. *In: World Food and Agriculture-Statistical Pocketbook 2018*. FAO: Roma, Italia; <https://doi.org/10.4060/ca1796en>. 225 p.
- Fatel ECS, Rosa FT, Alfieri DF, Flauzino T, Scavuzzi BM, Lozovoy MAB, Iriyoda TMV, Simão ANC, Dichi I. 2021. Beneficial effects of fish oil and cranberry juice on disease activity and inflammatory biomarkers in patients with rheumatoid arthritis. *Nutrition*. 86. 111183. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111183>.
- Ferri M, Lloyd-Evans M. 2021. The contribution of veterinary public health to the management of the COVID-19 pandemic from a One Health perspective. *One Health*. 12. 100230. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100230>.
- García-Hernández J, Tovar-García ED. 2012. Corredor de balnearios en el Valle del Mezquital, Hidalgo: Empresarios, turismo y desarrollo. *Revista Internacional. La Nueva Gestión Organizacional*. 7(13). 11–28. [https://www.researchgate.net/publication/271836510\\_Corredor\\_de\\_balnearios\\_en\\_el\\_Valle\\_del\\_Mezquital\\_Hidalgo\\_Empresarios\\_turismo\\_y\\_desarrollo](https://www.researchgate.net/publication/271836510_Corredor_de_balnearios_en_el_Valle_del_Mezquital_Hidalgo_Empresarios_turismo_y_desarrollo).
- Gjedrem T, Robinson N, Rye M. 2012. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. *Aquaculture*. 350-353. 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.008>.
- Gobierno de México. 2020. The General Health Council Declares a National Health Emergency Due to COVID-19 Coronavirus Epidemic. Secretaría de Relaciones Exteriores. <https://www.gob.mx/sre/prensa/the-general-health-council-declares-a-national-health-emergency-due-to-covid-19-coronavirus-epidemic?idiom=en>.
- González FJ, Sangerman DM, Omaña JM, Rebollar S, Hernández J, Ayllón JC. 2017. La comercialización de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(8). 1985-1996. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.131>.
- Gu DE, Yu FD, Yang YX, Xu M, Wei H, Luo D, Mu XD, Hu YC. 2019. Tilapia fisheries in Guangdong Province, China: Socio-economic benefits, and threats on native ecosystems and economics. *Fisheries Management and Ecology*. 26(2). 97–107. <https://doi.org/10.1111/fme.12330>.
- Hatayama M, Li Y, Osborne TK. 2021. Understanding and Predicting Job Losses Due to COVID-19: Empirical Evidence from Middle Income Countries (English). World Bank Group. 1(65). [https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/475721642606247960/understanding-and-predicting-job-losses-due-to-covid-19-empirical-evidence-from-middle-income-countries?deliveryName=FCP\\_9\\_DM131828&deliveryName=DM131828](https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/475721642606247960/understanding-and-predicting-job-losses-due-to-covid-19-empirical-evidence-from-middle-income-countries?deliveryName=FCP_9_DM131828&deliveryName=DM131828).
- Hoehn-Velasco L, Silverio-Murillo A, Balmori de la Miyar JR, Penglase J. 2022. The impact of the COVID-19 recession on Mexican households: evidence from employment and time use for men, women, and children. *Review of Economics of the Household*. 20. 763-797. <https://doi.org/10.1007/s11150-022-09600-2>.
- Huang S, He Y. 2019. Management of China's capture fisheries: Review and prospect. *Aquaculture and Fisheries*. 4(5). 173–182. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.05.004>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017. Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/hgo/>.
- Islam MM, Khan MI, Barman A. 2021. Impact of novel coronavirus pandemic on aquaculture and fisheries in developing countries and sustainable recovery plans: Case of Bangladesh.

- Marine Policy. 131(5). 104611. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104611>.
- Lango-Reynoso V. 2011. Caracterización del sistema de abasto al menudeo de tilapia viva (*Oreochromis* spp.) en la región de Sotavento del estado de Veracruz, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, México. <http://hdl.handle.net/10521/700>.
- Lind CE, Dana GV, Perera RP, Phillips MJ. 2015. Risk analysis in aquaculture: A step-by-step introduction with worked examples Risk analysis in aquaculture: A step-by-step introduction with worked examples. WorldFish, Penang, Malaysia. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2613.4560>.
- López F, Fournier P. 2009. Espacio, tiempo y asentamientos en el Valle del Mezquital: un enfoque comparativo con los desarrollos de William T. Sanders. Cuicuilco Revista de Ciencias Antropológicas. 16(47). 113–146. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/4021>.
- Makori AJ, Abuom PO, Kapiyo R, Anyona DN, Dida GO. 2017. Effects of water physico-chemical parameters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth in earthen ponds in Teso North Sub-County, Busia County. Fisheries and Aquatic Sciences. 20. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0075-7>.
- Manlosa AO, Hornidge AK, Schlüter A. 2021. Aquaculture-capture fisheries nexus under Covid-19: impacts, diversity, and social-ecological resilience. Maritime Studies. 20. 75–85. <https://doi.org/10.1007/s40152-021-00213-6>.
- Marchant-Forde JN, Boyle LA. 2020. COVID-19 Effects on Livestock Production: A One Welfare Issue. Frontiers in Veterinary Science. 7. 585787 <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.585787>.
- Mardones M. 2020. Guía para Mapas en R. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11732.01920>.
- Meza D, Hernández JL. 2020. The covid-19 crisis and its effects on employment and poverty in Mexico. Revista Internacional de Salarios Dignos. 2(3). 70-83. <https://revistasinvestigacion.lasalle.mx/index.php/OISAD/article/view/2867>.
- Mohanty RK, Mandal KG, Thakur AK. 2020. COVID-19 pandemic: lockdown impacts on the Indian environment, agriculture and aquaculture. Current Science. 119(8). 1260–1266. <https://doi.org/10.18520/cs/v119/i8/1260-1266>.
- Murray AG, Ives SC, Smith RJ, Moriarty M. 2021. A preliminary assessment of indirect impacts on aquaculture species health and welfare in Scotland during COVID-19 lockdown. Veterinary and Animal Science. 11: 100167. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100167>.
- Nielsen R, Villasante S, Fernández JM, Guillen J, Llorente I, Asche F. 2023. The Covid-19 impacts on the European Union aquaculture sector. Marine Policy. 147. 105361. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105361>.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2019. Territorial Reviews\_Hidalgo, Mexico - en - OECD. <https://www.oecd.org/mexico/oecd-territorial-reviews-hidalgo-mexico-9789264310391-en.htm>.
- Okoye IC, Abu SJ, Obiezue NR, Ofoezie IE. 2014. Prevalence and seasonality of parasites of fish in Agulu Lake, Southeast, Nigeria. African Journal of Biotechnology. 13(3). 502–508. <https://doi.org/10.5897/ajb2013.13384>.
- Pérez JP, Ortega HM, Ramírez C, Flores H, Sánchez EI, Can Á, Mancilla ÓR. 2018. Nitrate, phosphate and boron content in wastewater for crop irrigation in Mezquital Valley, Hidalgo. Nova Scientia. 10(21). 97–119. <https://novascientia.lasallebajio.edu.mx/ojs/index.php/Nova/article/view/1478/>.
- Ragasa C, Agyakwah SK, Asmah R, Mensah ETD, Amewu S, Oyih M. 2022. Accelerating pond aquaculture development and resilience beyond COVID: Ensuring food and jobs in Ghana. Aquaculture. 547. 737476. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737476>.
- Sarà G, Mangano MC, Berlino M, Corbari L, Lucchese M, Milisenda G, Helmuth B. 2022. The Synergistic Impacts of Anthropogenic Stressors and COVID-19 on Aquaculture: A Current Global Perspective. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. 30(1). 123–135. <https://doi.org/10.1080/23308249.2021.1876633>.
- Sattar AA, Mahmud R, Mohsin MAS, Chisty NN, Uddin MH, Irin N, Barnett T, Fournie G, Houghton E, Hoque MA. 2021. COVID-19 Impact on Poultry Production and Distribution Networks in Bangladesh. Frontiers in Sustainable Food Systems. 5. 714649. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.714649>.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Producción por estados 2020.- En – SIAP. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pesquera>.
- Solomando JC, Antequera T, Pérez-Palacios T. 2020. Lipid digestion and oxidative stability in  $\omega$ -3-enriched meat model systems: Effect of fish oil microcapsules and processing or culinary cooking. *Food Chemistry*. 328. 127125. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127125>.
- Suárez V, Suárez M, Oros S, Ronquillo E. 2020. Epidemiology of COVID-19 in Mexico: From the 27th of February to the 30th of April 2020. *Revista Clínica Española*. 220(8). 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2020.05.008>.
- Tiwari R, Dhama K, Sharun K, Iqbal M, Malik YS, Singh R, Michalak I, Sah R, Bonilla-Aldana DK, Rodríguez-Morales AJ. 2020. COVID-19: animals, veterinary and zoonotic links. *Veterinary Quarterly*. 40(1). 169–182. <https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1766725>.
- Tuapanta JV, Duque MA, Mena AP. 2017. Alfa de cronbach para validar un cuestionario de uso de tic en docentes universitarios. *Mkt DESCUBRE*. 1(10). 37–48. <http://revistas.esepoch.edu.ec/index.php/mktdescubre/article/view/141>.
- Van der Linden S, Roozenbeek J, Compton J. 2020. Inoculating Against Fake News About COVID-19. *Frontiers in Psychology*. 11. 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.566790>.
- Van Senten J, Engle CR, Smith MA. 2021. Effects of COVID-19 on U.S. Aquaculture Farms. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 43(1). 355–367. <https://doi.org/10.1002/aapp.13140>.
- Van Senten J, Smith MA, Engle CR. 2020. Impacts of COVID-19 on U.S. aquaculture, aquaponics, and allied businesses. *Journal of the World Aquaculture Society*. 51(3). 574–577. <https://doi.org/10.1111/jwas.12715>.
- Vega F, Cortés MC, Zúñiga LM, Jaime B, Galindo J, Basto MER, Nolasco H. 2010. Small-scale culture of tilapia (*Oreochromis niloticus*), alimentary alternative for rural and peri-urban families in Mexico? *REDVET Revista Electrónica de Veterinaria*. 11(4). 11-15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63613155007>.
- Velasco P, Calvario O, Pulido G, Acevedo O, Castro J, Román AD. 2012. Problemática Ambiental de la Actividad Piscícola en el Estado de Hidalgo, México. *Ingeniería*. 16(3). 165-174. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46725267007.pdf>.
- Velasco-Amaro P, Pulido-Flores G, Acevedo-Sandoval O, Castro J, Román AD. 2015. Diagnóstico y valoración del desempeño ambiental de la piscicultura en el estado de Hidalgo, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2(6). 47-53. <http://www.reibci.org/publicados/2015/nov/2200129.pdf>.
- Villarreal E, Gama CA, Galicia L, Vargas ER. 2021. Gasto Familiar COVID-19 COVID-19 Family Expense Gastos catastróficos de la familia para prevención de COVID-19 Catastrophic family expenses of preventive care for COVID-19. *Revista chilena de Medicina Familiar*. 15(3). 24–31. <https://www.revistachilenademedicinafamiliar.cl/index.php/sochimef/article/view/408>.
- Wang Q, Rossignoli CM, Dompok EB, Su J, Griffiths D, Htoo KK, Nway HM, Akester M, Gasparatos A. 2024. Diversification strategies have a stabilizing effect for income and food availability during livelihood shocks: Evidence from small-scale aquaculture-agriculture systems in Myanmar during the COVID-19 pandemic. *Agricultural Systems*. 217. 103935. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103935>.
- Yuan Y, Miao W, Yuan X, Dai Y, Yuan Y, Gong Y. 2022. The impact of COVID-19 on aquaculture in China and recommended strategies for mitigating the impact. *Journal of the World Aquaculture Society*. 53(5). 933-947. <https://doi.org/10.1111/jwas.12886>.
- Yuan Y, Yuan YM, Dai Y, Miao W, Yuan X. 2022. Preliminary investigation on the impact of COVID-19 on aquaculture in China (1st ed.). *FAO Fisheries and Aquaculture: Roma, Italia*. <https://doi.org/10.4060/cb7868en>.
- Zhang Y, Zhuang P, Mao L, Chen X, Wang J, Cheng L, Ding G, Jiao J. 2019. Current level of fish and omega-3 fatty acid intakes and risk of Type 2 diabetes in China. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 74. 108249. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.108249>.