

No. 25 / Año 2020

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica | ISSN: 2223-3059
Universidad Nacional Autónoma de Honduras



DICIHT
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA,
HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica
Universidad Nacional Autónoma de Honduras

NO. 25 / AÑO 2020

ISSN: 1995-9613

RECTOR

Francisco Herrera

VICERRECTORA ACADÉMICA

Belinda Flores

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA

Santiago J. Ruiz

CONSEJO EDITORIAL

Mirna Flores

Facultad de Ciencias Sociales

Javier Mejuto

Facultad de Ciencias Espaciales

Jackeline Alger

Facultad de Ciencias Médicas

Edmundo Orellana

Facultad de Ciencias Jurídicas

Ostilio Portillo

Facultad de Ingeniería

América Alvarado

Facultad de Odontología

Ana Carolina Arévalo

Facultad de Química y Farmacia

Lilian Ferrufino

Facultad de Ciencias

Manuel Flores

Facultad de Ciencias Económicas

Miguel Barahona

Facultad de Humanidades y Artes

DIRECCIÓN

Elías García-Urquía

Lilian Sosa Díaz

EDICIÓN Y CORRECCIÓN

Elías García-Urquía

DIAGRAMACIÓN

Johann Juárez Gallardo

La Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras es la instancia de gestión general y normativa del Sistema de Investigación Científica encargada de velar por la aplicación de políticas, planes, programas, proyectos y acciones destinados al desarrollo de la investigación científica con calidad.

Edificio Alma Mater, 5to piso, Ciudad Universitaria, Tegucigapa, Honduras.

Web: <https://diciht.unah.edu.hn/>

001 Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Un38 Dirección de Investigación Científica.

C.H. Ciencia y Tecnología, No. 25, 2020 / Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica.-- [Tegucigalpa]: [s. i.], [2020] 81 p.: Ilustraciones, cuadros

1.- INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.

Esta es una publicación de la Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica.

El contenido de cada artículo es responsabilidad de su autor.

La suscripción de esta publicación es gratuita, solamente se cobrará el costo del envío.

TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

Área de Ciencias Biológicas y de la Salud / Biological and Health Sciences Area

05 Artículo Original / Original Article

Determinación de quinolonas en músculo de pollo mediante Cromatografía Líquida con detector de arreglo de diodos (LC-DAD) utilizando QuEChERS como técnica de tratamiento

Determination of quinolones in chicken muscle by Liquid Chromatography with diode array detector (LC-DAD) using QuEChERS as a treatment technique

Henry Ponce Rodríguez, Nahun Lanza Sorto, Alba Blanco Raudales

21 Artículo Original / Original Article

Efectos psicológicos del confinamiento social por COVID-19 en la población hondureña

Psychological effects of social confinement due to COVID-19 on the Honduran population

Cristhian Abate-Flores, Óscar Rolando Urtecho-Osorto, Maitée Agüero

35 Revisión bibliográfica / Bibliographic Review

Terapias farmacológicas utilizadas en el tratamiento de la COVID-19. Revisión bibliográfica

Pharmacological therapies used in COVID-19 treatment. Bibliographic review

Lilian Sosa, Henry Ponce, Fredy Rodríguez, Karen Orellana, Dennis Cerrato

55 Artículo Original / Original Article

Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del *Penaeus vannamei* con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal

Assessment of the oxygen consumption rate of the *Penaeus vannamei* with respect to salinity, temperature and body weight

Édgar Osiris Carranza

Área de Ciencias Sociales / Social Sciences Area

67 Artículo Original / Original Article

Gobernanza territorial, oportunidades para el desarrollo y sostenibilidad en Santa Rosa de Copán, Honduras

Territorial governance, opportunities for development and sustainability in Santa Rosa de Copán, Honduras

Jensen Bautista-Perdomo



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

No.25 / Año 2020

REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica
Universidad Nacional Autónoma de Honduras



DICIHT
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA

ARTÍCULO ORIGINAL

Determinación de quinolonas en músculo de pollo mediante Cromatografía Líquida con detector de arreglo de diodos (LC-DAD) utilizando QuEChERS como técnica de tratamiento

Determination of quinolones in chicken muscle by Liquid Chromatography with diode array detector (LC-DAD) using QuEChERS as a treatment technique

Henry Ponce Rodríguez^{a, b}, Nahun Lanza Sorto^a, Alba Blanco Raudales^a

a Facultad de Química y Farmacia, Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Tegucigalpa, Honduras

b Facultad de Química. Universitat de València. c/Dr. Moliner 50, 46100- Burjassot, València, España

DOI 10.5377/rct.v13i25.10408

Recibido: 25 marzo 2020

Aceptado: 09 de julio 2020

Publicado en línea: 23 noviembre 2020

RESUMEN

Un método rápido, fácil, económico, efectivo, robusto y seguro, mediante extracción QuEChERS seguido de cromatografía líquida de alto desempeño con detección DAD (HPLC-DAD), fue desarrollado para la determinación de quinolonas (norfloxacina, ciprofloxacina, danofloxacina, difloxacina, sarafloxacina y flumequina) en músculo de pollo. La separación cromatográfica se logró utilizando agua acidificada (ácido acético 0.1 M, pH = 2.8) y metanol (85:15) como fase móvil con columna C8 (150 mm x 4.6 mm i.d., partícula 5 µm). Todos los analitos eluyeron antes de 18 minutos, a un flujo de 1 mL min⁻¹, a dos longitudes de onda para la detección, 250 y 280 nm, respectivamente. El tratamiento de muestra consistió en una extracción y limpieza utilizando la metodología QuEChERS, para lo cual se optimizaron diferentes variables, mostrando elevada eficiencia sin presencia de interferencias en la separación cromatográfica. El método presentó una adecuada linealidad ($r^2 > 0.90$)

y recuperaciones entre 70 y 110 %. Los límites de detección (S/N=3) fueron menores que los límites de residuo máximo (LMR) establecidos para quinolonas y los coeficientes de variación para repetibilidad y reproducibilidad intermedia (n=3), a tres niveles de concentración, se encontraron entre 3.8 y 10.9 %. Un total de 36 muestras, obtenidas en Tegucigalpa y Comayagüela en Honduras, fueron analizadas por el método propuesto, encontrándose rastros de flumequina en dos de ellas.

Palabras clave: QuEChERS, pollo, quinolonas, LCDAD, validación

ABSTRACT

A quick, easy, cheap, effective, rugged and safe method, using QuEChERS extraction followed by high-performance liquid chromatography with DAD detection (HPLC-DAD), has been developed for the determination of quinolones (norfloxacin,

Autor corresponsal

✉ **Henry Ponce Rodríguez**
henry.ponce@unah.edu.hn

ciprofloxacin, danofloxacin, difloxacin, sarafloxacin and flumequin) in chicken muscle. Chromatographic separation was achieved using acidified water (acetic acid 0.1 M, pH = 2.8) and methanol (85:15) as mobile phase with C8 column (150 mm x 4,6 mm i.d., 5 μ m particle size). All analytes eluted before 18 minutes, at a flow of 1 mL min⁻¹, at two wavelengths for detection, 250 and 280nm, respectively. The sample treatment consisted of extraction and clean-up using the QuEChERS methodology, for which different variables were optimized, showing high efficiency without the presence of interferences in the chromatographic separation. The method presented adequate linearity ($r^2 > 0.90$) and recoveries between 70 and 110 %. The limits of detection (S/N=3) were lower than the maximum residue limits (MRL) established for quinolones, and the intra- and inter-day variation coefficients (n=3) at three concentration levels, were between 3.8 and 10.9 %. A total of 36 samples, obtained in Tegucigalpa and Comayagüela in Honduras, were analyzed by the proposed method, and traces of flumequin were found in two of them.

Keywords: QuEChERS, chicken, quinolones, LC DAD, validation

1 INTRODUCCIÓN

Los compuestos quinolónicos representan un grupo importante de antibióticos sintéticos utilizados en el tratamiento de un amplio rango de infecciones, siendo aplicados en veterinaria como agentes profilácticos o para el tratamiento de infecciones en animales de crianza, como ser pollos, cerdos, pavos y ganado (Talero-Pérez et al. 2014). Pese al beneficio que representa su uso, es importante señalar que el consumo por los seres humanos de animales de crianza con presencia de trazas de estos compuestos representa un riesgo, pudiendo generar resistencia de los microorganismos a estos fármacos, como algunos

estudios lo han demostrado (Ferreira et al. 2018; Mağa et al. 2018; Benameur et al. 2018). En ese sentido, diversas normativas internacionales, como el Codex Alimentarius de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial de la Salud (FAO/WHO s.f.) y el EU/37/2010 de la Unión Europea (2010), han establecido los límites máximos de residuos (LMR) permitidos para medicamentos veterinarios en matrices alimenticias provenientes de animales que han sido tratados con estos agentes microbianos.

Las quinolonas son derivados del ácido nalidíxico, que a nivel estructural se componen de un anillo de piridona, con ácido carboxílico libre en posición 3 y un nitrógeno en posición 1, unido a un anillo aromático. Normalmente se les clasifica en función de su evolución a lo largo del tiempo y su aparición en el mercado, desde los de primera generación (ácido nalidíxico, cinaxacina), segunda (flumequina, ciprofloxacin), tercera (danofloxacin, sarafloxacin) hasta cuarta generación (clinafloxacin) (Hassouan 2006). La Fig. 1 muestra la estructura molecular y valores de pKa para algunas quinolonas representativas (Jiménez-Lozano et al. 2002). Es importante señalar que la presencia de grupos carboxílico y piperazinil en su estructura les confieren propiedades Zwitteriónicas, por lo que poseen dos valores de pKa, a excepción de la flumequina, que únicamente presenta el grupo funcional ácido.

La determinación de estos compuestos en diversas matrices de pollo (músculo, riñón, huevos e incluso plumas) ha sido llevada a cabo empleando principalmente HPLC debido a la polaridad que presentan, mientras que su separación con cromatografía gaseosa precisa una etapa de descarboxilación (Takatsuki 1992) por lo que su uso ha sido limitado. Las concentraciones de quinolonas presentes en este tipo de matrices requieren aplicar métodos capaces de alcanzar bajos límites de

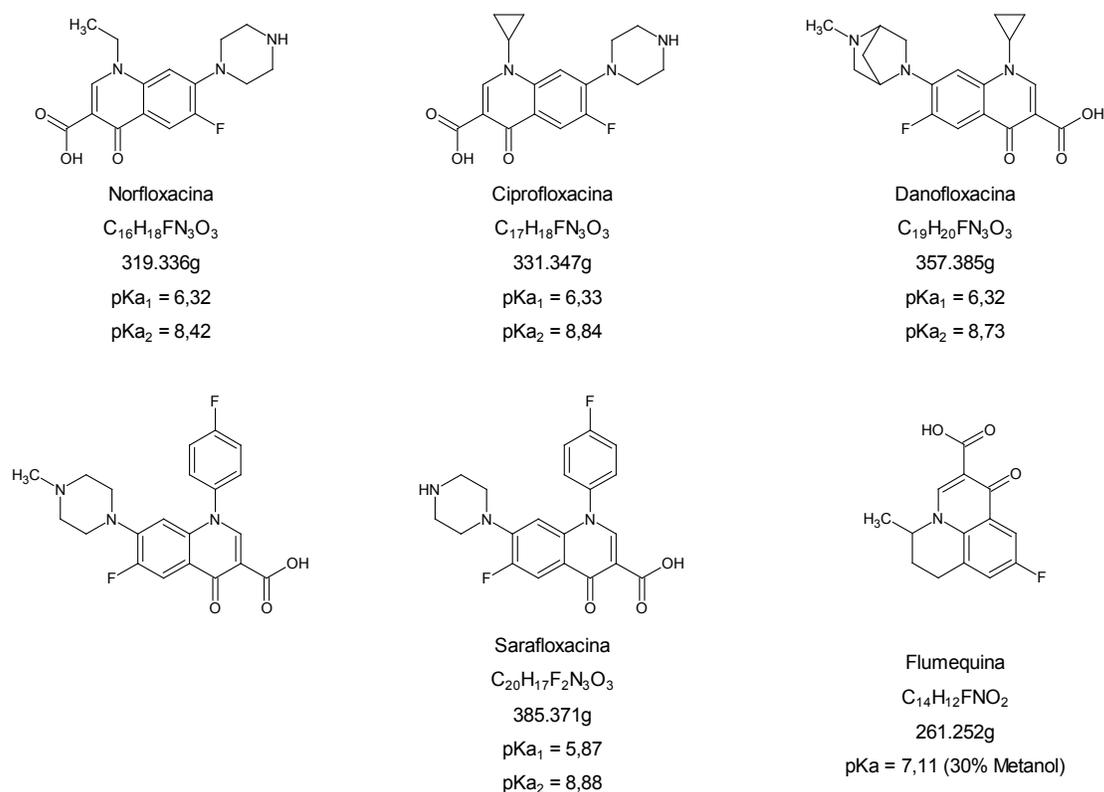


Fig. 1 Estructura, peso molecular y valores de pKa de quinolonas estudiadas (adaptado de Mella et al. (2000))

detección, por lo que la utilización de detectores de masas y masas en tándem permite alcanzar los límites deseados. Sin embargo, algunas desventajas de este tipo de instrumentación son el elevado coste y mantenimiento, además de la alta especialización para su operación. Por otra parte, algunos trabajos han utilizado detectores de Fluorescencia, debido a que estas sustancias presentan propiedades fluorescentes, con lo cual es posible incrementar la sensibilidad en el análisis. Asimismo, las quinolonas presentan capacidad para absorber radiación en la región ultravioleta-visible, por lo que otras publicaciones han reportado métodos con DAD.

El análisis de matrices alimenticias involucra la presencia de elevadas y complejas impurezas, que pueden ir desde aquellas de origen inorgánico, como sales y minerales, hasta grandes proteínas, lípidos

y grasas, las cuales generan un marcado efecto matriz, afectando la identificación y cuantificación de los analitos (Andreu et al. 2007). Por ello, se requieren técnicas de tratamiento de muestra capaces de eliminar la mayor cantidad de impurezas y con elevada capacidad de preconcentración de los analitos. Algunas técnicas de extracción utilizadas para este tipo de compuestos en matrices alimentarias han incluido extracción líquido-líquido, extracción con solventes y posterior aplicación de la extracción en fase sólida (SPE) y, en menor medida, la extracción con líquidos presurizados (Hernández-Arteseros et al. 2002).

Una de las técnicas de tratamiento de muestra más reciente es la denominada QuEChERS (por sus siglas en inglés: Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe), introducida por Anastassiades et al. (2003).

QuEChERS surge como un método de tratamiento de muestras de frutas y vegetales en la determinación de multiresiduos de pesticidas. El método original se basa en una extracción a micro escala con acetonitrilo como solvente extractor, donde los analitos son extraídos utilizando sales de sulfato de magnesio y cloruro de sodio. Existe una etapa opcional de limpieza del extracto y una extracción en fase sólida dispersiva (d-SPE), para lo cual es posible agregar sorbentes como amina primaria secundaria (PSA), C18, carbón grafitizado o incluso el silicagel, que también ha mostrado buenos resultados (Rodríguez et al. 2016).

En el presente estudio, se desarrolla y valida un método capaz de determinar compuestos quinolónicos en muestras de músculo de pollo, optimizando diferentes variables del procedimiento original de QuEChERS y la posterior separación cromatográfica mediante HPLC-DAD para alcanzar límites de detección por debajo de los LRM establecidos para estas sustancias. Se aplicó el método desarrollado para el análisis de muestras comerciales de músculo de pollo, alimento de elevado consumo en la población hondureña, recolectadas en las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela en Honduras, para establecer si las trazas de antibióticos quinolónicos no exceden las concentraciones máximas permitidas por la normativa vigente.

2 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.1 Reactivos

Se utilizaron acetonitrilo y metanol calidad HPLC, y acetona grado pesticida, todos de la marca J.T. Baker (Center Valley, PA) y citrato de amonio y ácido acético glacial marca Merck (Darmstadt, Germany). Para la evaporación de los extractos, se utilizó nitrógeno gaseoso ultra puro (INFRA). En los experimentos se utilizó agua ultra pura tipo I obtenida con equipo

purificador de la marca Thermo Scientific, modelo Barnstead micropurest (Waltham, MA, USA). Se utilizaron diferentes kits de sales para extracción QuEChERS conteniendo sulfato de magnesio y acetato de sodio (método tampón acetato), sulfato de magnesio y cloruro de sodio (método sin tampón) y sulfato de magnesio, cloruro de sodio y citrato de sodio di hidratado (método tampón citrato), de la marca Thermo Scientific (Waltham, MA, USA). Sorbentes para d-SPE, conteniendo sulfato de magnesio y C18, fueron adquiridos de la marca Agilent Technologies (Santa Clara, CA, USA). Filtros de solución de nylon (0.45 μm , 15 mm, Thomas Scientific., Swedesboro, NJ, USA) fueron utilizados para filtrar los extractos de muestras. La fase móvil fue filtrada antes de utilizar CON filtros de membrana de nylon (0.45 μm , 13 mm, Pall Corp., MI, USA).

2.2 Estándares y soluciones

Estándares de norfloxacin, ciprofloxacina, danofloxacina, difloxacina, sarafloxacina y flumequina fueron adquiridos de Sigma Aldrich® (St. Louis, USA) con un 99.9 % de pureza. Soluciones patrón individuales de cada compuesto fueron preparadas con una concentración de 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ disolviendo la masa exacta de cada compuesto en metanol y luego fueron almacenadas a -20 °C alejadas de la luz. Dos soluciones de trabajo se prepararon a partir de las soluciones patrón mezclando y diluyendo a concentraciones finales de 100 y 10 μg de cada quinolona con agua-metanol (80:20 v/v). Todas las soluciones fueron almacenadas hasta su utilización a 4 °C.

2.3 Instrumentación y condiciones analíticas

Para el desarrollo del método, se utilizaron un baño ultrasónico, marca Branson™, modelo CPX2800 (Ferguson, Missouri, USA), agitador mecánico de la marca KoolLab, modelo KS-VM-1000

(Miami, Florida, USA), centrifuga para tubos de capacidad de 50 mL marca LW Scientific, modelo C5 (Lawrenceville, Georgia, USA). El pesaje de estándares, reactivos y muestras se realizó en balanza analítica marca OHAUS® modelo Explorer Pro (Parsippany, New Jersey, USA). Una bomba al vacío de la marca Millipore, modelo WP6111560 (Burlington, Massachusetts, USA) se empleó durante los experimentos.

La separación cromatográfica se efectuó en un cromatógrafo líquido marca Shimadzu, modelo Prominence (Kyoto, Japan), consistiendo en bomba modelo LC20-AT, sistema de control CMB-20Alite, inyector automático SIL-20A, horno de columna CTO-A20 y detector SPD-M20A. Se utilizó el software EZ Start versión 7.4 (Shimadzu, Kioto, Japón) para recolectar y procesar los datos obtenidos. En el desarrollo de las condiciones cromatográficas, se utilizó una columna cromatográfica Hypersil Gold (ThermoScientific™) C8 de 150 mm por 4.6 mm y con partículas de 5 μm y desactivación terminal (end-capped). La fase móvil consistió en una mezcla de ácido acético 0.1 M (pH = 2.8) (Solvente A) y Metanol (Solvente B). El porcentaje inicial de B fue de 15 %, manteniéndose así hasta los 8 minutos. Pasado este tiempo, se incrementó linealmente hasta alcanzar el 100 % en el minuto 15. Esta proporción se mantuvo por tres minutos, para retornar a condiciones iniciales en otros tres minutos y colocando un tiempo de estabilización final de dos minutos. El volumen de flujo de la fase móvil fue de 1.0 mL min^{-1} , y el volumen de inyección se fijó en 20 μL de las soluciones del estándar y muestras. El detector de arreglo de diodos se controló a dos longitudes de onda: 250 nm para flumequina y 280 nm para el resto de compuestos.

2.4 Adquisición de muestras

Para la optimización de las variables del método QuEChERS, una muestra de músculo de pollo

con certeza de no contener residuos de antibióticos (blanco de muestra) se obtuvo procedente de una granja de crianza artesanal en el oriente del país. Dicho animal fue alimentado únicamente con pienso natural y sin administrar ningún antibiótico. Muestras de tres marcas comerciales de músculo de pollo fueron adquiridas en varios supermercados del Distrito Central (Tegucigalpa y Comayagüela) durante seis meses (noviembre 2017 a abril de 2018) de manera aleatoria, para un total de 36 muestras. Las muestras adquiridas fueron colocadas en refrigeración (4 °C) hasta ser llevadas al laboratorio para su posterior análisis dos días después de su recolección. La Fig. 2 presenta el mapa de los puntos de muestreo seleccionados.

2.5 Procedimiento QuEChERS

Todas las muestras de músculo de pollo fueron trituradas y homogenizadas utilizando un procesador de alimentos de cocina convencional, para posteriormente aplicar la técnica de tratamiento. La muestra blanco fue fortificada con concentraciones conocidas de los compuestos para la etapa de desarrollo y validación de los principales parámetros del procedimiento.

Se pesaron 10 g de la muestra en tubos de plástico para centrifuga de capacidad de 50 mL seguido de la adición de 10 mL de agua fría y 10 mL de una solución de acetonitrilo con ácido acético al 5 %. La mezcla se colocó en agitación en vortex durante 5 minutos. Pasado este tiempo, se añadieron las sales de sulfato de magnesio y acetato de sodio y se colocaron nuevamente en el vortex, por otros cinco minutos. La mezcla se colocó en centrifugación durante 10 minutos a 6000 g. La capa superior (sobrenadante) fue obtenida y colocada en un tubo plástico de 15 mL conteniendo la mezcla de sorbentes para la d-SPE, que consistía en sulfato de magnesio y C18, y se colocó en vortex por 30 segundos. El extracto se sometió nuevamente a centrifugación a las condiciones

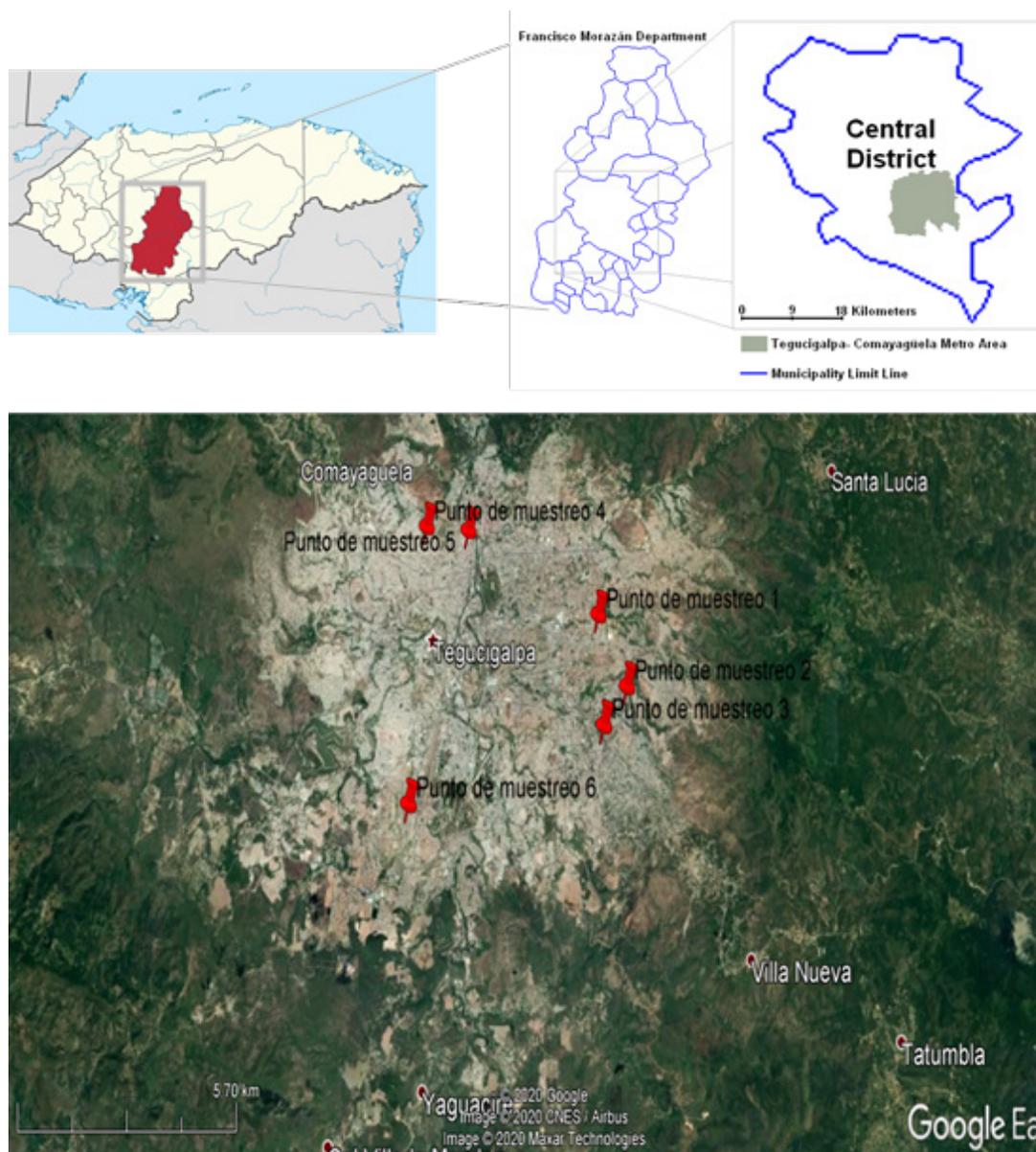


Fig. 2 Mapa de puntos de adquisición de muestras comerciales de músculo de pollo (Fuente: Google Earth)

anteriores y, pasado este tiempo, el sobrenadante fue sometido a evaporación con nitrógeno gaseoso a una temperatura de 40 °C hasta sequedad. Finalmente, el extracto se reconstituyó con 2 mL de fase móvil a condiciones iniciales y se colocó en vortex por 15 segundos, pasando esta solución en filtro de solución 0.45 μm y procediendo a inyectar en el instrumento. El esquema del procedimiento desarrollado se muestra en la Fig. 3.

2.6 Parámetros de desempeño del método

Las características de desempeño del método optimizado fueron evaluadas conforme a las directrices de la guía de validación de la Comisión Internacional de Armonización (ICH) (U.S. Food and Drug Administration s.f.) y del Directorio General Europeo de Salud y protección del consumidor (SANCO) (EU Reference Laboratories for Residues

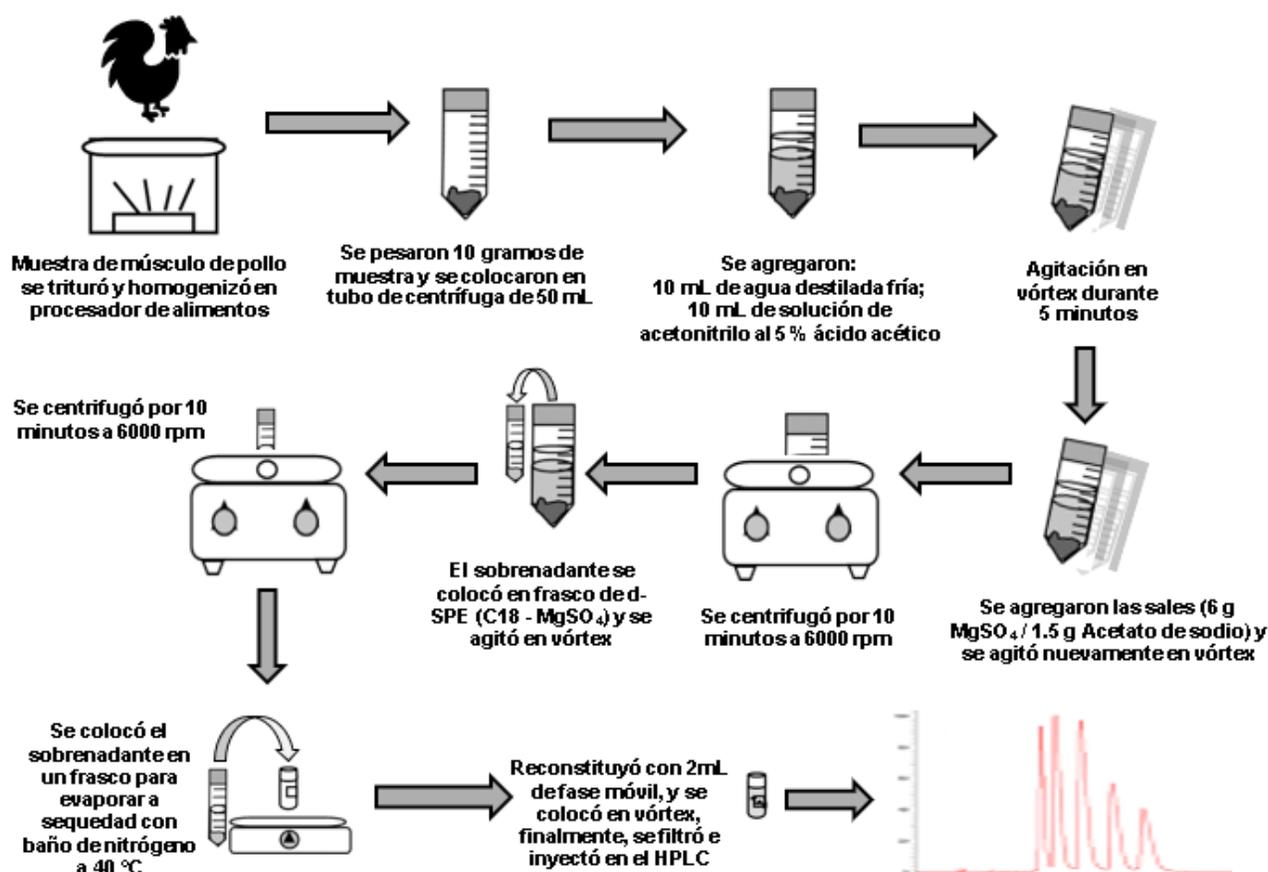


Fig. 3 Procedimiento QuEChERS optimizado (Elaboración propia)

of Pesticides 2020). Se estudiaron parámetros analíticos de linealidad, límites de detección y cuantificación, precisión, en términos de repetibilidad y reproducibilidad intermedia, veracidad, a través de estudios de recuperación, así como la selectividad.

Linealidad: Una recta de calibración a seis (6) niveles de concentración, preparada con muestras de músculo blanco fortificadas en un rango de 1000 a 50 $\mu g Kg^{-1}$ fue preparada, pesando seis muestras de 10 g, agregando volúmenes de 1.0, 0.8, 0.5, 0.25, 0.1 y 0.05 mL de una solución de trabajo 10 mg L^{-1} . Luego se adicionó, a cada uno de estas, una cantidad constante de la solución de Norfloxacina (estándar interno). Posteriormente, las muestras fueron colocadas en vórtex durante 30 segundos y en reposo por 5 minutos.

Finalmente, fueron sometidas al procedimiento optimizado de la Fig. 3. Las soluciones resultantes fueron inyectadas por duplicado en el instrumento (replicas instrumentales).

Límites de detección y cuantificación: Dos muestras de músculo de pollo fueron fortificadas a bajas concentraciones, 50 y 25 $\mu g Kg^{-1}$, y sometidas al procedimiento antes detallado. El límite de detección se obtuvo mediante el cálculo de la relación señal/ruido siendo igual a 3, y para el límite de cuantificación, aquel nivel de concentración más bajo para el cual se demuestre que se cumplen los criterios de exactitud y precisión.

Precisión: La repetibilidad y reproducibilidad intermedia fueron evaluadas. En el caso de la primera,

las muestras fueron fortificadas a una concentración elevada ($500 \mu\text{g Kg}^{-1}$), intermedia ($100 \mu\text{g Kg}^{-1}$) y baja ($50 \mu\text{g Kg}^{-1}$), con un total de tres replicas para cada nivel de concentración. Las muestras se analizaron en las menores condiciones de variación (mismo día, instrumento y analista). La precisión intermedia fue evaluada de igual forma, pero en días diferentes. Se obtuvieron los porcentajes de analito recuperado, mediante interpolación de las señales de área de las muestras, en la curva de calibración preparada para la linealidad. En ambos casos, el criterio de aceptación utilizado fue una desviación estándar relativa (DER) de los valores de recuperación menor a 15 %.

Exactitud: Se evaluó mediante la recuperación a tres niveles de concentración, 50, 100 y $500 \mu\text{g Kg}^{-1}$ con valores entre 70 y 110 % como criterio de aceptación. Las muestras fortificadas con los analitos fueron sometidas al procedimiento analítico desarrollado, y se calculó la concentración obtenida de forma similar a la precisión. Los porcentajes de recuperación fueron obtenidos de acuerdo con la Ec. 1:

$$\% \text{ Rec} = \left(\frac{\text{Concentración encontrada}}{\text{Concentración teórica fortificada}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Selectividad: El espectro de absorción de los picos obtenidos de muestras fortificadas y muestras de músculo comerciales fueron comparados con los correspondientes espectros de absorción de los patrones analizados con el método desarrollado.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Optimización de la separación cromatográfica

De acuerdo con trabajos previos en la literatura (Moghadam et al. 2018; Jammoul y El Darra 2019), el mecanismo de fase reversa ha sido utilizado, empleando columnas de baja polaridad, como ser C18 y C8, las cuales pueden presentar elevados factores

de coleo debido a la presencia de grupos silanoles libres residuales. Una opción para evitar este efecto puede ser utilizar columnas con mecanismos de reducción de coleo denominadas “endcapped” o con desactivación terminal. Como se ha mencionado antes, las quinolonas estudiadas, a excepción de la flumequina, poseen propiedades Zwitteriónicas por la presencia de grupos carboxílico y piperazinil, con valores de pKa entre 5.5 y 6.6 (pKa 1) y entre 7.2 y 8.9 (pKa 2). Por esta razón, la separación con fases acuosas acidificadas con valores por debajo de pH 4 resultará en mejores separaciones al evitar la ionización de los compuestos. Con relación a los solventes orgánicos, la utilización de metanol, de menor costo que acetonitrilo, presenta la ventaja de no interferir con la señal de absorbancia máxima de los analitos. Es preciso señalar la diferencia de polaridades de los compuestos, especialmente de la flumequina, que es prácticamente insoluble en agua, por lo que es necesario realizar la separación mediante gradiente de la composición de la fase móvil.

Empleando una columna C8 con desactivación terminal, se realizaron pruebas con dos soluciones acuosa: una solución tampón de citrato de amonio pH 4.5 y una solución de ácido acético 0.1M pH 2.8. Se obtuvieron mejores resultados con la de valor de pH más bajo que con la solución tamponada; esto se puede dar debido a que los valores más bajos de pH se alejan de los valores de pKa de los compuestos (Fig. 1), evitando la ionización de las moléculas y el subsecuente apareamiento de picos quebrados y/o coelución. Las condiciones del gradiente señaladas en la sección 2.3 mostraron una adecuada separación de los analitos, sobre todo de los primeros tres, donde se observaba una mayor coelución. La elución de la flumequina solo fue posible cuando se incrementó el porcentaje de metanol hasta un 100 % pasados los 18 minutos. Adecuadas presiones fueron observadas trabajando a un flujo de 1 mL min^{-1} , mientras que

la longitud de onda de máxima absorción de los compuestos se establece en 280 nm. En el caso de la flumequina, una mayor intensidad se obtiene a 250 nm, lo que posibilita disminuir los límites de detección instrumental.

Finalmente, se obtuvo la linealidad instrumental para todos los compuestos, para lo cual se prepararon soluciones con concentraciones entre 10.0 y 0.05 mg L⁻¹, y procesando en el equipo con las condiciones optimizadas. Mejores resultados de linealidad fueron observados al utilizar estandarización con estándar interno, utilizando norfloxacin que fue el primer compuesto en eluir. La Tabla 1 muestra el resumen de los resultados alcanzados para cada compuesto.

3.2 Optimización del procedimiento QuEChERS

En esta parte, se estableció un procedimiento base para ir optimizando cada una de las etapas, empleando diferentes variables. En cada caso, muestras de músculo fueron fortificadas y se calcularon los valores de recuperación, utilizando el método tradicional de experimentación: variar-un-factor-cada-vez (VUFCV) (Ferré y Rius 2002). Tres kits de sales fueron estudiados: (a) la mezcla de sulfato de magnesio y cloruro de sodio, que no regula el pH; (b) sales de sulfato de magnesio

y acetato de sodio, con una regulación de valor de pH de 4.8; y (c) la mezcla que contiene sales de citrato, con pH entre 5 y 5.5. Se emplearon 8 mL de agua y 2 mL de acetonitrilo, sin utilizar la d-SPE. En el caso de la prueba con acetato, a los 2 mL de acetonitrilo, se agregaron 0.2 mL de ácido acético glacial.

Debido a los valores de pKa de los compuestos de interés, al trabajar a valores de pH más bajos, existirá una menor ionización de estos, lo que incrementa su solubilidad en el solvente extractor. Esto explica que mejores recuperaciones fueron obtenidas con las sales de acetato, como se muestra en la Fig. 4. Los compuestos de mayor polaridad son los que menor recuperación presentan para todas las sales empleadas, y la flumequina es la de mejor recuperación.

Con la intención de alcanzar límites de detección requeridos en los métodos para residuos en matrices alimenticias, es necesario procesar una mayor cantidad de muestra. Sin embargo, cuanto mayor cantidad de muestra, mayor será la presencia de impurezas en los extractos, lo que afectará directamente a la sensibilidad del análisis. En ese sentido, pruebas fueron realizadas con 5 y 10 g de músculo triturado y empleando 8 mL de agua, 2 mL de acetonitrilo, y 0.2 mL de ácido acético glacial como solventes de extracción. Bajos

Tabla 1 Linealidad instrumental para las quinolonas estudiadas

Compuesto	Ecuación lineal ± d.s b + a x (n=10)	r	r ²	Rango lineal	Límite detección
ciprofloxacina	(0.0162 ± 0.017) + (0.1527 ± 0.003) x	0.99836	0.9967	10 - 0.1	0.05
danofloxacina	(0.0259 ± 0.020) + (0.1748 ± 0.003) x	0.99874	0.9975	10 - 0.1	0.05
difloxacina	(0.0025 ± 0.008) + (0.1248 ± 0.002) x	0.99916	0.9983	8 - 0.1	0.05
sarafloxacina	(0.0074 ± 0.007) + (0.0911 ± 0.001) x	0.99925	0.9985	10 - 0.1	0.1
flumequina	(0.0018 ± 0.005) + (0.1118 ± 0.002) x	0.99933	0.9987	8 - 0.05	> 0.05

Concentraciones en mg L⁻¹. d.s.: desviación estándar. r: coeficiente de correlación; r²: coeficiente de determinación

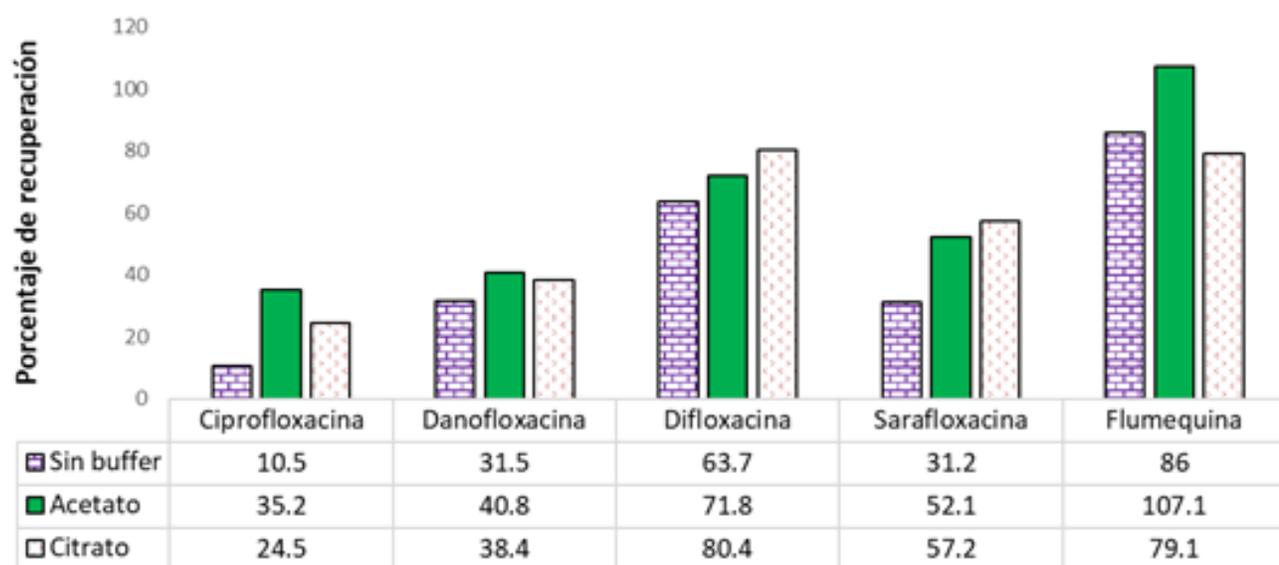


Fig. 4 Recuperaciones encontradas en la optimización de las sales del procedimiento QuEChERS

valores de recuperación fueron obtenidos para ambos casos, lo que pudo deberse a una insuficiente cantidad de solvente extractor. Por ello, en los siguientes experimentos se decidió utilizar 10 mL de agua y 5 mL de acetonitrilo con 0.5 mL de ácido acético. Mejores resultados fueron obtenidos en la formación de las fases de extracción líquido-líquido cuando se utilizó agua fría, con valores de recuperación similares con 5 y 10 g de muestra. Sin embargo, se observó mayor cantidad de impurezas en el extracto con la prueba de 10 g, por lo que la siguiente etapa es la optimización de la d-SPE.

Fortificando 10 g de músculo de pollo y aplicando el método con las condiciones optimizadas hasta el momento, 10 mL de agua, 0.5 mL de ácido acético, 5 mL de acetonitrilo y las sales de acetato, el extracto obtenido después de centrifugar fue colocado en tubo de plástico de 15 mL que contiene una mezcla de sulfato de magnesio y C18. Los resultados mostraron un importante incremento en la recuperación para los analitos de mayor polaridad, ciprofloxacina, danofloxacina, difloxacina y sarafloxacina; para el caso de la flumequina, disminuyó hasta un 71 %,

como muestra la Fig. 5. Si bien la incorporación de la etapa d-SPE mejora para casi todos los compuestos, para incrementar la extracción de flumequina es adecuado utilizar una mayor cantidad de acetonitrilo, pasando de 5 a 9.5 mL y acidificando con 0.5 mL del ácido acético glacial. Al repetir la prueba con esta modificación, los porcentajes de los compuestos de mayor polaridad se mantuvieron y el porcentaje de flumequina se vio incrementado hasta un 92 %.

Algunas condiciones menores, como tiempo de centrifugación y uso de temperatura en la evaporación del extracto, también fueron evaluadas, de forma que se logre disminuir el tiempo de preparación de las muestras. Se establecieron 10 minutos para las dos etapas de centrifugación, y aplicar una temperatura de 40 °C al evaporar el extracto después de la d-SPE redujo el tiempo sin disminuir los porcentajes de recuperación. Finalmente, se ejecutó una prueba empleando acetona como solvente en lugar de acetonitrilo, pero más impurezas fueron observadas en el cromatograma resultante, descartando dicha modificación y estableciendo el procedimiento de la Fig. 3.

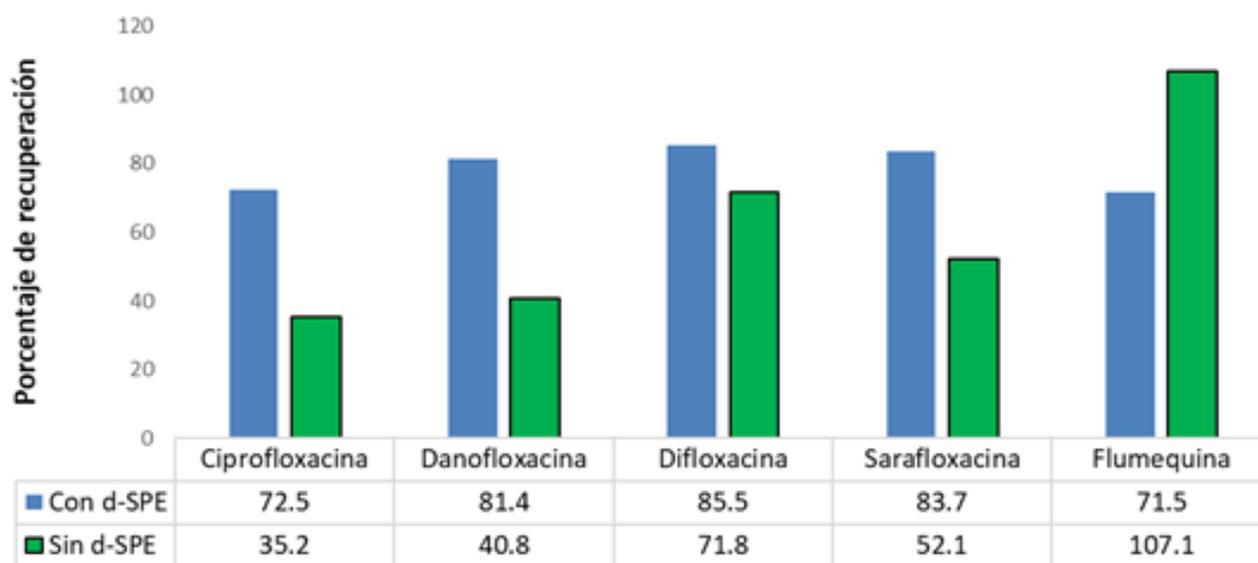


Fig. 5 Recuperaciones en la optimización de la etapa d-SPE

3.3 Parámetros analíticos

Siguiendo los experimentos establecidos en la sección 2.6, el desempeño del método fue evaluado. La Tabla 2 muestra el resumen de los resultados obtenidos en la linealidad y límites de detección y cuantificación. Se observan adecuados valores de coeficiente de determinación (> 0.990), en un rango de 1000 a 50 $\mu\text{g Kg}^{-1}$ para todos los compuestos quinolónicos, a excepción de la flumequina con una concentración menor de 25 $\mu\text{g Kg}^{-1}$.

Los límites de detección del método estuvieron por

debajo del valor LMR establecidos por la normativa de la Unión Europea y el Codex Alimentarius para todos los analitos, a excepción de la sarafloxacin, la cual, según el Codex Alimentarius, posee un LMR de 10 $\mu\text{g Kg}^{-1}$, con un límite de detección del método desarrollado igual a 25 $\mu\text{g Kg}^{-1}$. Es decir, el método es capaz de cumplir con las normativas utilizadas. La desviación estándar relativa (DER) de los porcentajes de recuperación obtenidos para la evaluación de la precisión del método fueron menores a 15 % para todos los compuestos (Tabla 3), siendo estos valores

Tabla 2 Resultados de la evaluación de linealidad, límite de detección y límite de cuantificación

Compuesto	Rango de Calibración ($\mu\text{g Kg}^{-1}$)	Coefficiente de determinación (R^2)	Límite de detección ($\mu\text{g Kg}^{-1}$)	Límite de cuantificación ($\mu\text{g Kg}^{-1}$)
ciprofloxacin	1000 - 50	0.991	25	50
danofloxacin	1000 - 50	0.992	25	50
difloxacin	1000 - 50	0.990	25	50
sarafloxacin	1000 - 50	0.995	25	50
flumequina	1000 - 25	0.998	< 25	25

Tabla 3 Estudio de la precisión del método

Compuesto	Repetibilidad			Reproducibilidad intermedia		
	50	100	500	50	100	500
ciprofloxacina	10.4	10.9	5.7	8.8	9.9	7.9
danofloxacina	7.5	10.9	6.2	6.1	8.6	5.4
difloxacina	8.7	6.0	5.2	6.3	5.6	4.7
sarafloxacina	6.8	6.8	7.9	6.0	4.8	5.9
flumequina	4.8	5.9	7.3	3.8	5.8	6.0

Valores de desviación estándar relativa (DER) con $n = 3$. Concentraciones evaluadas en unidades de $\mu\text{g Kg}^{-1}$

Tabla 4 Recuperación del método

Compuesto	Rangos de recuperación (%) \pm desviación estándar		
	$50 \mu\text{g Kg}^{-1}$	$100 \mu\text{g Kg}^{-1}$	$500 \mu\text{g Kg}^{-1}$
ciprofloxacina	$(58.3 - 72.7) \pm 5.8$	$(62.9 - 83.2) \pm 7.4$	$(65.2 - 82.5) \pm 5.9$
danofloxacina	$(77.7 - 90.2) \pm 5.2$	$(68.3 - 85.7) \pm 6.9$	$(80.9 - 94.4) \pm 4.7$
difloxacina	$(80.8 - 95.9) \pm 5.7$	$(85.5 - 99.2) \pm 5.1$	$(85.7 - 95.6) \pm 4.3$
sarafloxacina	$(81.9 - 96.4) \pm 5.3$	$(83.1 - 95.2) \pm 4.3$	$(84.9 - 99.0) \pm 5.4$
flumequina	$(87.7 - 97.3) \pm 3.5$	$(88.2 - 105.8) \pm 5.6$	$(92.9 - 108.0) \pm 5.9$

Rangos de recuperación ($n = 6$)

más altos a bajas concentraciones, como es de esperar.

Finalmente, en el caso de la exactitud, los porcentajes de recuperación alcanzados cumplieron los criterios establecidos por la guía de validación utilizada, con valores de recuperación entre 70 y 110 % para todos los compuestos, a excepción de la ciprofloxacina con un porcentaje promedio de 66 % a concentración baja, como se muestra en la Tabla 4. Esto puede explicarse debido a la elevada polaridad de la molécula.

3.4 Análisis de muestras

La aplicabilidad del método desarrollado se evaluó analizando las 36 muestras obtenidas. Únicamente se encontró flumequina en las muestras correspondientes a los meses de noviembre y febrero en una de las marcas comerciales. Los espectros de absorción de los picos cromatográficos encontrados en estas muestras fueron comparados con el espectro de absorción de la flumequina patrón, pudiendo observarse una coincidencia en las longitudes máximas de absorción

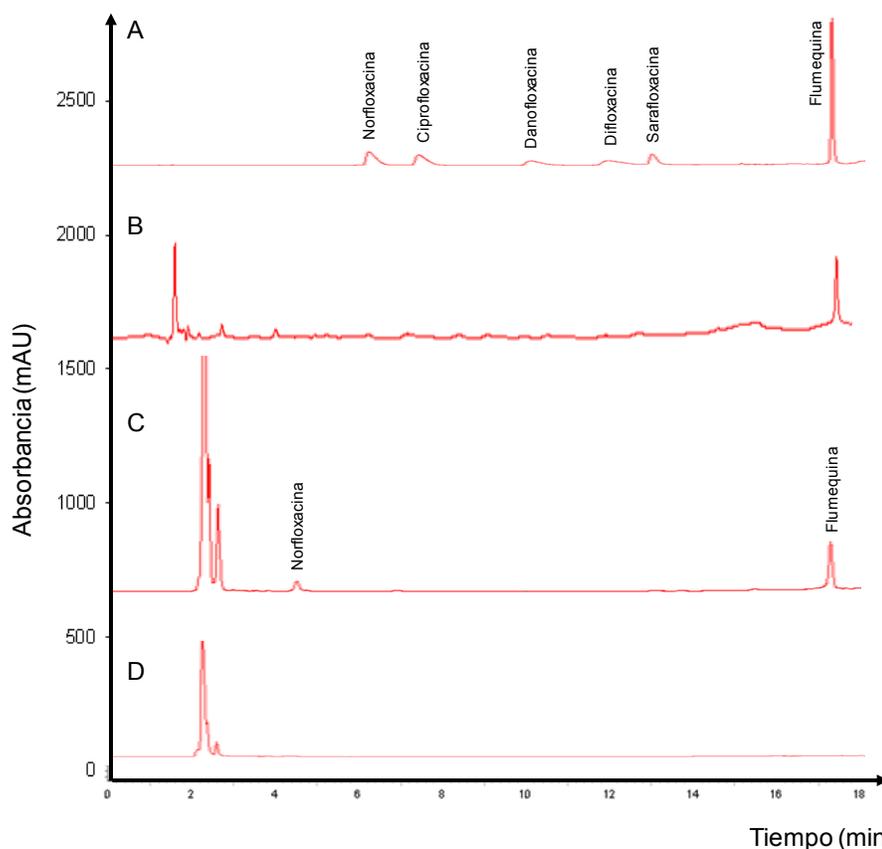


Fig. 6 A: Solución patrón $500 \mu\text{g Kg}^{-1}$ (250 nm), B: Muestra fortificada a $25 \mu\text{g Kg}^{-1}$ (250 nm), C: Muestra comercial (250 nm), D: Blanco de muestra.

Tabla 5 Concentraciones de quinolonas encontradas en las muestras y LMR establecidos por las normativas internacionales

Compuesto	Muestra noviembre 2017	Muestra febrero 2018	LMR (Codex Alimentarius)	LMR (Unión Europea)
ciprofloxacina	No se detectó	No se detectó	No establecido	100 ^a
danofloxacina	No se detectó	No se detectó	200	200
difloxacina	No se detectó	No se detectó	No establecido	300
sarafloxacina	No se detectó	No se detectó	10	No establecido ^b
flumequina	13.1	12.8	500	400

Concentraciones en $\mu\text{g Kg}^{-1}$

^a Suma de ciprofloxacina + enrofloxacina

^b Establecido para piel ($10 \mu\text{g Kg}^{-1}$) e hígado ($100 \mu\text{g Kg}^{-1}$)

(246 nm), así como las formas espectrales. Los cromatogramas obtenidos durante el análisis de estándares, muestra control, muestra fortificada y muestra comercial son presentadas en la Fig. 6.

Las concentraciones de flumequina de las muestras, cuantificadas mediante la curva de calibración en el rango de trabajo, fueron inferiores a los LMR establecidos por el Codex Alimentarius y la normativa de la Unión Europea, como se muestra en la Tabla 5.

4 CONCLUSIONES

La aplicación del método QuEChERS para la extracción y concentración de antibióticos quinolónicos en muestras de músculo de pollo demostró buenos resultados en términos de exactitud (con adecuados valores de recuperación), correcta precisión (bajos valores de desviación estándar relativa), adecuada linealidad (valores de coeficiente de correlación por encima de 0.90), y con límites de detección por debajo de los LMR establecidos por normativas vigentes para estos compuestos. En cuanto a la separación cromatográfica, los seis compuestos analizados eluyeron en menos de 18 minutos con una buena eficiencia, resolución y selectividad, empleando una columna C8 con desactivación terminal. Las 36 muestras de músculo de pollo fueron analizadas con el método propuesto, encontrándose trazas de flumequina en dos de ellas, en ambos casos con concentraciones por debajo de las concentraciones permitidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Investigación Científica y Posgrado, DICyP (ahora Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica, DICIHT) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras por el financiamiento otorgado mediante Beca

Sustantiva de Investigación 01-2016-II convocatoria. También expresan gratitud a la Facultad de Química y Farmacia por el soporte para el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anastassiades, M., Lehotay, S. J., Štajnbaher, D., & Schenck, F. J. (2003). Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce. *Journal of AOAC International*, 86(2), 412-431. doi: 10.1093/jaoac/86.2.412
- Andreu, V., Blasco, C., & Picó, Y. (2007). Analytical strategies to determine quinolone residues in food and the environment. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 26(6), 534-556. doi: 10.1016/j.trac.2007.01.010
- Benameur, Q., Tali-Maamar, H., Assaous, F., Guettou, B., Boutaiba Benklaouz, M., Rahal, K., & Ben-Mahdi, M. H. (2018). Characterization of quinolone-resistant Enterobacteriaceae strains isolated from poultry in Western Algeria: First report of *qnrS* in an *Enterobacter cloacae*. *Veterinary World*, 11(4), 469-473. doi: [10.14202/vetworld.2018.469-473](https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.469-473)
- EU Reference Laboratories for Residues of Pesticides (2020). Working document on pesticides to be considered for inclusion in the national control programmes to ensure compliance with maximum residue levels of pesticides residues in and on food of plant and animal origin. Accesado 11 de mayo de 2020. Disponible en: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_12745.pdf
- FAO/WHO (s.f.). Codex Alimentarius: Normas Internacionales de los Alimentos. Accesado 11 de mayo del 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/vetdrugs/veterinary-drugs/es/>
- Ferré, J. & Rius, F. (2002) Introducción al diseño estadístico de experimentos. *Técnicas de Laboratorio -Barcelona-*, 648-653. Accesado 11 de mayo de 2020. Disponible en: http://www.quimica.urv.es/quimio/index.php?option=com_

- content&view=article&id=20&Itemid=22&lang=en
- Ferreira, J. C., Penha Filho, R. A. C., Kuaye, A. P. Y., Andrade, L. N., Junior, A. B., & da Costa Darini, A. L. (2018). Identification and characterization of plasmid-mediated quinolone resistance determinants in Enterobacteriaceae isolated from healthy poultry in Brazil. *Infection, Genetics and Evolution*, 60, 66-70. doi: [10.1016/j.meegid.2018.02.003](https://doi.org/10.1016/j.meegid.2018.02.003)
- Hassouan, M. (2006). *Desarrollo de nueva metodología analítica para la determinación de quinolonas en alimentos de origen animal* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.
- Hernández-Arteseros, J. A., Barbosa, J., Compano, R., & Prat, M. D. (2002). Analysis of quinolone residues in edible animal products. *Journal of Chromatography A*, 945(1-2), 1-24 doi: [10.1016/S0021-9673\(01\)01505-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01505-9)
- Jammoul, A., & El Darra, N. (2019). Evaluation of antibiotics residues in chicken meat samples in Lebanon. *Antibiotics*, 8(2), 69. doi: [10.3390/antibiotics8020069](https://doi.org/10.3390/antibiotics8020069)
- Jiménez-Lozano, E., Marqués, I., Barrón, D., Beltrán, J. L., & Barbosa, J. (2002). Determination of pKa values of quinolones from mobility and spectroscopic data obtained by capillary electrophoresis and a diode array detector. *Analytica Chimica Acta*, 464(1), 37-45. doi: [10.1016/S0003-2670\(02\)00435-X](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(02)00435-X)
- Mąka, Ł., Maćkiw, E., Stasiak, M., Wołkiewicz, T., Kowalska, J., Postupolski, J., & Popowska, M. (2018). Ciprofloxacin and nalidixic acid resistance of Salmonella spp. isolated from retail food in Poland. *International Journal of Food Microbiology*, 276, 1-4. doi: [10.1016/j.ijfoodmicro.2018.03.012](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.03.012)
- Mella, S., Acuña, G., & Muñoz, M. (2000). Quinolonas: aspectos generales sobre su estructura y clasificación. *Revista Chilena de Infectología* 17(1): 53-66. doi: [10.4067/S0716-10182000000100008](https://doi.org/10.4067/S0716-10182000000100008)
- Moghadam, N. R., Arefhosseini, S. R., Javadi, A., Lotfipour, F., Ansarin, M., Tamizi, E., & Nemati, M. (2018). Determination of Enrofloxacin and Ciprofloxacin Residues in Five Different Kinds of Chicken Tissues by Dispersive Liquid-Liquid Microextraction Coupled with HPLC. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR*, 17(4), 1182-1190.
- Rodríguez, A., Martínez, Y., & Ponce, H. (2016). Desarrollo y validación de un método para cuantificación de acetaminofén en supositorios mediante HPLC-DAD utilizando una variación del método QuEChERS. *Portal de la Ciencia*, 11, 70-89. doi: [10.5377/pc.v11i0.4267](https://doi.org/10.5377/pc.v11i0.4267)
- Takatsuki, K. (1992). Gas chromatographic/mass spectrometric determination of oxolinic, nalidixic, and piromidic acid in fish. *Journal of AOAC International*, 75(6), 982-987. doi: [10.1093/jaoac/75.6.982](https://doi.org/10.1093/jaoac/75.6.982)
- Talero-Pérez, Y. V., Medina, O. J., & Rozo-Núñez, W. (2014). Contemporary analytical techniques to identify residues of sulfonamides, quinolones and chloramphenicol. *Universitas Scientiarum*, 19(1), 11-28. doi: [10.11144/Javeriana.SC19-1.taci](https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC19-1.taci)
- U.S Food and Drug Administration (s.f.). Guidances (Drugs). Accesado el 11 de mayo de 2020. Disponible en: <https://www.fda.gov/Drugs/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/Guidances>
- Unión Europea (2010). Commission Regulation EU/37/2010 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin. *Official Journal of the European Union*, 15, 1-72



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

No.25 / Año 2020

REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica
Universidad Nacional Autónoma de Honduras



DICIHT
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA

ARTÍCULO ORIGINAL

Efectos psicológicos del confinamiento social por COVID-19 en la población hondureña

Psychological effects of social confinement due to COVID-19 on the Honduran population

Cristhian Abate-Flores^a, Óscar Rolando Urtecho-Osorto^b, Maitée Agüero^c

- a Dirección de Investigación Científica y Comunicación, Universidad Nacional de Policía, Tegucigalpa, Honduras
b Coordinación de Edición y Publicación, Universidad Nacional de Policía, Tegucigalpa, Honduras
c Maestría en Psicología Clínica, Escuela de Ciencias Psicológicas, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras

DOI 10.5377/rct.v13i25.10409

Recibido: 30 de abril 2020

Aceptado: 03 de agosto 2020

Publicado en línea: 23 noviembre 2020

RESUMEN

Esta es una investigación de enfoque mixto que tiene el objetivo de analizar los efectos psicológicos del confinamiento social por COVID-19 en la población hondureña. En la parte cuantitativa se aplicaron tres escalas tipo Likert a 487 personas (que tenían entre 15 y 66 años) con un promedio de edad de 27 años, en las que se indagó sobre la satisfacción con la vida, síntomas depresivos y felicidad. Para la recolección de la información cualitativa se creó una guía de entrevista que se aplicó a seis personas (tres hombres y tres mujeres) con una edad promedio de 32 años, para indagar sobre el malestar psicológico, bienestar emocional, vínculos familiares-sociales y el malestar físico. Se encontró en la muestra cuantitativa que las mujeres experimentan más síntomas depresivos que los hombres. Las personas que tienen un nivel académico de primaria están en el rango de moderados a graves en cuanto a síntomas depresivos, y las personas solteras,

divorciadas y viudas presentan síntomas depresivos en un nivel moderado. Más del 50 % de la muestra ha experimentado problemas de sueño. En la parte cualitativa se logró identificar algunas emociones negativas que se están experimentando durante la cuarentena por COVID-19: miedo, impotencia, incertidumbre y nostalgia, todo esto ligado a una sensación de pérdida de control de la vida propia. Entre las preocupaciones principales están el empleo, la alimentación, salud y economía. Sin embargo, las condiciones de la cuarentena han propiciado el diálogo y la unidad familiar.

Palabras clave: COVID, felicidad, satisfacción con la vida, depresión, bienestar psicológico

ABSTRACT

This is a mixed-focus investigation that aims to analyze the psychological effects of social confinement

Autor corresponsal

✉ **Christian Abate-Flores**
cabate.dnep@gmail.com

due to COVID-19 on the Honduran population. In the quantitative part, three Likert-type scales were applied to 487 people (aged between 15 and 66 years) with an average age of 27 years, in which life satisfaction, depressive symptoms and happiness were investigated. For the collection of qualitative information, an interview guide was created that was applied to six people (three men and three women) with an average age of 32 years, to inquire about psychological distress, emotional well-being, family-social ties and physical discomfort. It was found in the quantitative sample that women experience more depressive symptoms than men. People who have an elementary school level are in the moderate to severe range of depressive symptoms, and single, divorced, and widowed people have depressive symptoms at a moderate level. More than 50 % of the sample has experienced sleep problems. In the qualitative part, it was possible to identify some negative emotions that are being experienced during the COVID-19 quarantine: fear, impotence, uncertainty and nostalgia, all this linked to a feeling of loss of control of one's life. Among the main concerns are employment, food, health and economy. However, the conditions of the quarantine have fostered dialogue and family unity.

Keywords: COVID, happiness, life satisfaction, depression, psychological well-being

1. INTRODUCCIÓN

La propagación de la COVID-19 a todo el mundo ha sido un fenómeno complejo por las múltiples facetas de la vida que está trastocando. Estudiar este fenómeno desde una perspectiva académica social es fundamental para comprender su impacto en las personas, a nivel psicológico y de convivencia, y también para generar insumos que permitan la toma de decisiones acertadas para paliar las secuelas más profundas que el confinamiento deje sobre la sociedad.

La COVID-19, como la denominó la Organización Mundial de la Salud (OMS), es una enfermedad provocada por un virus de la familia de los coronavirus, el SARS-CoV-2. Estos virus son responsables de causar infecciones leves en la mayoría de sus contagios, y en menor proporción muy graves (muchas de las personas contagiadas son asintomáticas y la cantidad de personas que requieren cuidados intensivos en relación al número de infectados es bastante baja). La enfermedad puede afectar los tractos respiratorios superiores e inferiores (Ena y Wenzel 2020). El SARS-CoV-2 no ha sido el único coronavirus que se ha propagado en lo que va del siglo XXI, ya que en 2003 se identificó el síndrome respiratorio agudo severo, conocido como SARS-CoV (García et al. 2003), y en el 2011 el síndrome respiratorio de Oriente Medio, conocido como MERS-CoV (OMS 2019). Ambos virus son de naturaleza zoonótica, es decir que se transmiten de animales a personas. En el caso del SARS, se tiene evidencia de que su transmisión pudo haber sido a través de un murciélago, y el MERS probablemente se transmitió de un dromedario o camello arábigo.

Los primeros casos de COVID-19 se dieron en Wuhan, China. En esta región para el 31 de diciembre se contabilizaban 27 neumonías relacionadas con un mercado de animales marítimos y vivos de esta zona. El proceso de contagio, igual que en el caso del SARS-CoV, fue de un murciélago a una persona (Peña-Otero et al. 2020). Ya para febrero de 2020 la enfermedad se había propagado por gran parte de Europa y otros países asiáticos, y para mayo la OMS estaba catalogando a la COVID-19 como una pandemia que estaba afectando a 114 países, dejando un gran número de infectados y víctimas mortales (OMS 2020).

La letalidad de la COVID-19, en comparación con otras enfermedades, incluso infecciones relacionadas con el coronavirus, no es tan elevada (Peña-Otero

et al. 2020; Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias 2020). Sin embargo, por su rápida propagación, la falta de conocimiento de la enfermedad, la carencia de un tratamiento para la atención de enfermos y la saturación de los sistemas de salud, la mayoría de países decidió establecer, como estrategias para frenar el contagio, medidas no farmacológicas (conocidas como NPI por sus siglas en inglés) que están orientadas, en su mayoría, a las restricciones de la movilización de las personas y al cese de actividades económicas en las regiones afectadas (CEPAL 2020).

En Honduras, los primeros casos de COVID-19 se detectaron el 10 de marzo y el primer fallecimiento se produjo el 26 de ese mismo mes (Despacho de Comunicación y Estrategia Presidencial 2020). Desde entonces, el gobierno estableció, como estrategia para evitar la propagación de esta enfermedad, la restricción de la movilidad y el cese de actividades económicas en los departamentos donde se ha registrado mayor número de contagios: Cortés y Francisco Morazán.

Este tipo de medidas, aunque han ayudado a contener la propagación de la enfermedad por el distanciamiento social que conlleva el confinamiento en los hogares, han traído repercusiones económicas y sociales que impactan la salud mental, un componente muy importante en la vida de una persona, ya que es fundamental para el desarrollo pleno de cualquier individuo. Para la OMS (2004), la salud mental es un estado íntegro que incluye aspectos como el bienestar subjetivo, autonomía, competencia, dependencia intergeneracional y la habilidad para autorrealizarse intelectual y emocionalmente. También abarca aquellos mecanismos de afrontamiento al estrés que se vive en el día a día y la realización de los objetivos que ayudan al bienestar personal. La salud mental está ligada con la salud física y social.

Existe evidencia que respalda que los periodos de cuarentena deterioran la salud mental, sobre todo

porque las personas sometidas a ellos están expuestas a estresores durante y después del confinamiento. Algunos de los factores que pueden deteriorar la salud mental están relacionados con la duración de la cuarentena (entre más se prolonga, peor para el estado de salud mental de las personas). A esto se suma el temor a la infección; las personas tienen miedo al contagio por su bienestar físico y el de sus familiares, especialmente por aquellos que están dentro de los grupos vulnerables. La frustración vinculada con el detrimento de la rutina habitual, la carencia de contacto social, la percepción de pérdida de control de la vida y la sensación de aislamiento son elementos que afectan también la salud mental de las personas. A estos aspectos se agrega la adquisición de suministros inadecuados (especialmente en los estratos sociales más bajos) y la desinformación que muchas personas tienen respecto al contexto en el que viven y el desarrollo de la enfermedad, lo que puede repercutir de manera negativa en el estado mental de las personas (Brooks et al. 2020).

Hay investigaciones que presentan evidencias de que personas sometidas a cuarentena por enfermedades contagiosas experimentaron más insomnio y agotamiento como efecto del aislamiento (Bai et al. 2004). Además, estudios realizados durante el brote del SARS-CoV mostraron una relación entre la situación producida por la enfermedad y altos niveles de depresión, especialmente en la población menor a 35 años y soltera. También se logró determinar que quienes se exponían de manera altruista a la enfermedad (como médicos y enfermeras) presentaban niveles más bajos de depresión en los periodos después de la cuarentena (Liu et al. 2012).

Además de lo expuesto, los periodos de cuarentena pueden alterar otras facetas mentales de las personas, como la satisfacción con la vida, la felicidad, los niveles de ansiedad y la misma salud física. Por este motivo se considera importante conocer cómo el periodo de

aislamiento en Honduras ha incidido sobre la salud mental de las personas. Ante este planteamiento, se debe considerar que, a diferencia de otros países donde se han implementado las mismas estrategias de confinamiento, en Honduras las personas tienen otras preocupaciones, como el desempleo, la inseguridad y la pobreza, por ende, a estos factores que alteran el desarrollo pleno de la persona se debe de sumar el encierro y el temor mismo a la enfermedad.

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño

Esta investigación tiene un diseño no experimental, de corte transversal. Aborda desde un enfoque mixto las consecuencias del confinamiento en algunas ciudades de Honduras. Los datos se recolectaron y analizaron en dos momentos: uno cualitativo, vinculado con la realización de entrevistas, y otro cuantitativo, para el que se aplicaron instrumentos tipo escala de Likert.

2.2 Población y muestra

El objetivo de la parte cuantitativa del estudio fue trabajar con la población hondureña, para lo que se calculó una muestra de 385 personas, con un nivel de confianza de 95 % y un margen de error de 5 %. La muestra, no probabilística, alcanzó al final 485 personas (se logró encuestar a 487 personas, pero dos encuestas no reunieron las condiciones de rigor necesarias para el análisis). La media de edad muestral fue de 27 años. Los participantes del estudio provienen de los departamentos de Cortés, Yoro, Francisco Morazán, Atlántida, Colón, Comayagua, Choluteca, El Paraíso, Intibucá, La Paz, Ocotepeque, Santa Bárbara, Lempira y Olancho. Fueron seleccionados considerando que tuvieran más de 15 años (edad que permite un razonamiento claro sobre la situación), que tuvieran acceso a contestar la encuesta por Google Forms, que estuvieran dispuestos a participar en la investigación

y que su departamento o lugar de residencia estuviera en situación de cuarentena y aislamiento social. Los instrumentos aplicados se orientaron al análisis de tres aspectos psicológicos: satisfacción con la vida, síntomas depresivos y felicidad.

2.3 Instrumentos para la recolección de datos cuantitativos

- En la medición de la satisfacción con la vida se utilizó la transcripción del instrumento de Diener, Emmons, Larsen y Griffin: Escala de Satisfacción con la Vida, conocido como SWLS por sus siglas en inglés. El test trata de evaluar el bienestar subjetivo, concentrándose en el juicio cognitivo y global que la persona hace sobre su vida (Diener et al. 1985). Los cortes utilizados para evaluar los resultados son: 5-9 (extremadamente insatisfechas), 10-14 (insatisfechas), 15-19 (ligeramente por debajo de la media), 20-24 (puntuación media), 25-29 (puntuación alta) y 30-35 (altamente satisfechas).
- La evaluación de síntomas depresivos se realizó a partir del Patient Health Questionnaire (PHQ-9). Este instrumento está basado en los criterios del DSM-IV para diagnosticar el episodio depresivo mayor (Saldivia et al. 2019). El test cuenta con 9 ítems y la intensidad de los síntomas se puede clasificar así: 0-4 (mínimo), 5-9 (leve), 10-14 (moderado), 15-19 (moderado a grave) y 20-27 (grave) (Kroenke et al. 2001).
- Otro aspecto que se tomó en cuenta fue la felicidad. Para medirla se empleó la Escala de Felicidad de Lima (EFL), en la versión de 14 ítems validada por Árraga Barrios y Sánchez Villarroel (2012). Este instrumento pretende reportar cuatro dimensiones: el sentido positivo de la vida, la satisfacción con la vida, la realización personal y la alegría de vivir (Alarcón 2006).

- Para la recolección de información se utilizó la herramienta de Google Forms. Para el análisis de los datos se empleó el programa JASP. Para verificar la confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos se empleó el Alfa de Cronbach y Omega de McDonald, tratando de garantizar que tuviesen alta consistencia interna (> 0.80) y que los ítems tuvieran niveles de correlación aceptables respecto al resto de la escala ($r > 0.30$).

Se empleó el coeficiente de Pearson para realizar una prueba de validez convergente y discriminante a los instrumentos. En el primero de los casos se esperó que la correlación entre las medias de las escalas SWLS y EFL fuese positiva y significativa, ya que miden constructos similares, y que la correlación de estas medias con la escala PHQ-9 fuese negativa, ya que esta mide un constructo contrario al que evalúan la EFL y la SWLS. En general, para medir los efectos de la cuarentena se utilizó un tamizaje por cada escala y se realizaron pruebas de hipótesis T-Student y ANOVA.

2.4 Instrumento para la recolección de información cualitativa

Para la recolección de información cualitativa se empleó una muestra por conveniencia de seis personas (tres hombres y tres mujeres) con una media de edad de 32.1 años. Los integrantes de la muestra fueron seleccionados considerando que se tratara de personas mayores de 18 años, que tuvieran acceso a la plataforma virtual Zoom y que estuvieran dispuestas a conceder la entrevista. Se utilizó una guía semiestructurada compuesta por cinco preguntas que indagaban sobre cuatro categorías de análisis (Tabla 1) construidas tomando como referencia los factores propuestos por Barrera Guzmán y Flores Galaz (2015) en su Escala de Salud Mental Positiva para Adultos.

Durante la recolección de información surgieron tres categorías emergentes: (a) fe/religión, vinculada con el uso que las personas hacen de las tecnologías del yo para enfrentar la situación (Foucault 2012; Guerrero Bejarano 2016); (b) factores vinculados que generan malestar, relacionados con los medios de difusión de información (como redes sociales y noticieros) y eventos traumáticos que tienen impacto

Tabla 1 Categorías de análisis cualitativo

Factor	Descripción
Malestar psicológico o pensamientos perturbadores	Elementos cognitivos, vinculados con la personalidad y lo social, que dificultan el funcionamiento de la persona.
Bienestar emocional	Emociones displacenteras que se experimentan por la situación de cuarentena, vinculadas con la salud emocional.
Vínculos familiares y sociales	Habilidades y actitudes para la adaptación al tipo de interacción que está produciendo la cuarentena, a nivel familiar y social.
Malestar físico	La percepción que la persona tiene sobre su salud, vinculada con la cuarentena y la propia COVID-19, y el efecto que esto tiene sobre su estado de ánimo y estabilidad mental.

Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de Barrera Guzmán y Flores Galaz (2015)

sobre la salud mental; y por último (c) condiciones del entorno, que evalúa la percepción que las personas tienen sobre su medio ambiente y la medida en que esto las afecta. Hay que agregar que al momento de analizar la información se hizo una triangulación metodológica para comparar los datos cuantitativos con los cualitativos.

2.5 Consideraciones éticas

A todos los participantes, tanto en la muestra cualitativa como en la cuantitativa, se les presentó un consentimiento informado donde se les explicó en qué consiste la investigación, que no tendrían ningún beneficio económico por su participación en ella y que los datos recopilados serían parte de un estudio que se haría público, pero respetando en todo momento el anonimato de las fuentes. Todos ellos aceptaron voluntariamente participar en la investigación. En el caso de las personas menores de 18 años, se contó con su propia aprobación y la de sus padres para que fueran parte de la investigación.

3. RESULTADOS

La mayoría de los participantes en la muestra cuantitativa corresponden al sexo femenino (66.46 %), mientras que los hombres representan un 33.54 %. En cuanto al nivel académico, la mayor parte de la muestra tiene estudios universitarios (73.08 %), sigue en orden de cantidad el nivel secundario (18.84 %) y en menor proporción el nivel de maestría (7.45 %), primaria (0.41 %) y doctorado (0.21 %). El rango de edad de los participantes es de 15-66 años, la mayoría de ellos se encuentran en los 15-19 años (19.38 %), 20-24 (30.01 %), 25-29 (19.36 %) y 30-34 (13.19 %).

En cuanto a la condición laboral, un 46.58 % de los participantes están desempleados y el 42.86 % de ellos tienen trabajo. Este dato adquiere una nueva dimensión a luz de la información cualitativa, pues

uno de los temores que hay sobre la cuarentena es “el impacto que vaya a tener posteriormente todo esto a nivel económico, que las personas de repente puedan perder trabajos” (informante 5).

El estado civil que más se denotó fue el soltero (74.12 %), el casado representó el 17.60 %, la unión libre un 5.59 %, los divorciados 1.86 % y los viudos 0.83%. El promedio de hijos fue de 1 y la edad muestral de 27. El 84.47 % de la muestra se encuentra por debajo de los 36 años y el 82.40 % es del departamento de Francisco Morazán.

3.1 Pruebas de confiabilidad

La prueba Alfa de Cronbach se le practicó a cada uno de los instrumentos aplicados: SWLS, PHQ-9 y EFL. La realización de la prueba de confiabilidad por separado se dio por la naturaleza dimensional de cada una de las mediciones, determinando los coeficientes del Alfa de Cronbach y Omega de McDonald.

Para los tres instrumentos aplicados se determinó que los ítems presentan una elevada consistencia interna (SWLS: $\alpha = 0.835$, $\omega = 0.842$; PHQ-9: $\alpha = 0.872$, $\omega = 0.875$; y EFL: $\alpha = 0.915$, $\omega = 0.917$). En el caso del EFL se requirió hacer uso de valores inversos para los ítems F2, F11, F12 y F14. En ninguna de las pruebas se realizó depuración de ítems, ya que los valores presentados fueron los máximos y se consideraron aceptables ($\alpha > 0.80$; $\omega > 0.80$) (Quero Virla 2010).

3.2 Prueba de validez

Para medir la validez de los constructos de los tres instrumentos se utilizó una prueba de correlación de Pearson que analiza la convergencia y divergencia entre las medias de los resultados obtenidos en los tests (Tabla 2).

La validez de constructo se estima conveniente por la correlación positiva y altamente significativa entre las medias del instrumento EFL y SWLS ($r =$

0.784, $p < .001$), que miden dimensiones relacionadas, y negativa en las correlaciones PHQ-9 en contraste con la EFL ($r = -0.559$, $p < .001$) y SWLS ($r = -0.426$, $p < .001$), pues miden constructos antagónicos o contrarios entre sí.

3.3 Pruebas T y ANOVA para grupos independientes

Para la escala PHQ-9, que evalúa síntomas de depresión, la muestra obtuvo una puntuación valorada como moderada ($\bar{X} = 10.219$). De esta, las mujeres ($\bar{X} = 10.891$) obtuvieron una media superior a la de los hombres ($\bar{X} = 8.902$), siendo esta diferencia significativa (T de Student, $p < .05$). En cuanto a la condición laboral, los datos demuestran que las medias difieren en relación a esta variable, esto a partir de

una prueba ANOVA ($p < .05$), donde los arrendadores y desempleados se encuentran en una calificación moderada ($\bar{X} = 12.900$; 11.747) y los comerciantes y personas que tienen empleos en una calificación leve ($\bar{X} = 9.390$; 8.608). En cuanto a la edad, se halló una correlación negativa muy débil ($r = -0.189$, $p < .001$). En relación al nivel académico, las medias son significativamente diferentes, por la prueba de ANOVA ($p < .05$), donde los que tienen solamente nivel académico primario se califican de moderadamente a graves ($\bar{X} = 19.500$), mientras que el resto se califica como moderado ($\bar{X} = 10-14$). Los estados civiles son otro aspecto en el que difieren (ANOVA, $p < .05$). Los divorciados, solteros y viudos presentan síntomas depresivos moderados ($\bar{X} = 12.667$; 11.092; 10.750),

Tabla 2 Correlación de validez convergente y discriminante para las tres pruebas

Prueba	Parámetro	Media EFL	Media SWLS	Media PHQ-9	
Media EFL	Pearson's r	—			
	p-value	—			
	Upper 95% CI	—			
	Lower 95% CI	—			
Media SWLS	Pearson's r	0.784	***	—	
	p-value	< .001	—		
	Upper 95% CI	0.816	—		
	Lower 95% CI	0.747	—		
Media PHQ-9	Pearson's r	-0.559	***	-0.426	***
	p-value	< .001	< .001	—	
	Upper 95% CI	-0.495	-0.351	—	
	Lower 95% CI	-0.618	-0.496	—	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

mientras que los casados y quienes están en unión libre los presentan leves ($\bar{X}=7.460$; 6.630).

Particular atención en esta escala merece el reactivo 3: “Ha tenido dificultad para quedarse o permanecer dormido(a), o ha dormido demasiado”, donde el 50.3 % de los entrevistados afirma haber tenido problemas de sueño más de la mitad de los días o casi todos los días de la cuarentena. Este es un dato que se ha presentado en otros estudios y que se refuerza con los hallazgos cualitativos, tal como lo expresa el informante 5, agregando a la situación la causa por la que él cree que ocurre: “A veces no puedo dormir bien por el temor”.

Para la escala de satisfacción con la vida la muestra obtuvo una calificación media de “insatisfecha” ($\bar{X}=18.056$). En esta escala no hay diferencias por sexo (T de Student $p=0.859$), las medias para mujeres ($\bar{X}=18.081$) y hombres ($\bar{X}=18.006$) son muy similares. En cuanto al estado civil, existen diferencias entre las medias (ANOVA, $P<.05$): los casados, divorciados, solteros y en unión libre se catalogan como por debajo de la media ($\bar{X}=19.839$; 15.111; 17.751; 18.000), mientras que quienes están en la categoría de viudos se evidencian como insatisfechos ($\bar{X}=13.500$). En cuanto a la condición laboral, existen diferencias entre medias (ANOVA, $p<.05$), pero cuatro categorías están calificadas por debajo de la media (arrendador, $\bar{X}=17.100$; comerciante, $\bar{X}=19.341$; desempleado, $\bar{X}=17.227$ y empleado, $\bar{X}=18.742$). En la edad se encontró una correlación muy débil positiva ($r=0.061$, $p=0.178$). En el nivel académico, las medias difieren (ANOVA, $P < .05$), pero todas las categorías se encuentran bajo la media empleada en el instrumento (doctorado, $\bar{X}=18.000$; maestría, $\bar{X}=19.568$; primaria, $\bar{X}=16.000$; secundaria, $\bar{X}=17.022$ y universitario, $\bar{X}=4.258$).

En la escala de Felicidad de Lima, al hacer el análisis por sexo, se encontró que no existe diferencia (T-Student, $p >.05$) pues las medias son similares

en hombres ($\bar{X}=3.769$) y mujeres ($\bar{X}=3.785$). En la edad, la correlación de medias fue débil y positiva ($r=0.127$, $p < 0.05$). En relación con la condición laboral, existen diferencias en cuanto a las medias (ANOVA, $P < 0.05$): en este caso, los comerciantes tienen una media de 3.621, los empleados de 3.937, los arrendadores de 3.621 y los desempleados de 3.611. La media de la EFL difiere según el estado civil (ANOVA, $P < 0.05$): los casados ostentan la media más alta ($\bar{X}=4.143$), mientras que las de los divorciados, solteros y en unión libre se asemejan ($\bar{X}=3.452$; 3.702; 3.886), pero en la categoría viudo, la media difiere totalmente del resto ($\bar{X}=2.893$). Otra variable que difiere en sus medias (ANOVA, $P < 0.05$) es la de nivel académico (doctorado, $\bar{X}=4.143$; maestría, $\bar{X}=4.154$; primaria, $\bar{X}=2.893$; secundaria, $\bar{X}=3.575$ y universitarios, $\bar{X}=3.797$).

3.4 Análisis cualitativo

3.4.1 Bienestar emocional

En las entrevistas realizadas se identificó que algunas de las emociones negativas, dañinas para el bienestar psicológico, que experimentan las personas durante la cuarentena por COVID-19 son: miedo, ansiedad, nostalgia, inquietud, incertidumbre, desesperación e impotencia. En este sentido, las declaraciones del informante 1 (mujer, 21 años, licenciada en Comunicación y Publicidad) ponen en evidencia la experiencia con algunas de estas emociones:

“Eso (las decisiones del gobierno) puede hacer entrar un poco de ansiedad en las personas, pero yo creo que, aunque uno vea ciertas decisiones con las que no está de acuerdo, si uno se queda en casa, creo que corre menos riesgo. Pero sí siempre está el riesgo de la comida, aunque consigamos comida, uno no sabe si con las bolsas que trae hay contagio o algo, entonces las emociones

pueden estar a flor de piel. (...) Hay momentos que extrañamos salir de casa, o ir a comer a un restaurante, o pasar un momento, no solamente acá; pero son cosas momentáneas, pensamos... y que no nos quitan el sueño. (...) Hay momentos en que uno pone las noticias y le llegan tantos mensajes y eso quiere como incomodarlo sentimentalmente, como revolverle la inseguridad, el miedo, el temor”.

En estas declaraciones se evidencia un sentimiento de nostalgia relacionado con la imposibilidad de visitar los lugares que solían frecuentarse antes de la cuarentena. Además, hay una sensación de incomodidad vital que se vincula con la información que se recibe a través de las noticias y de mensajes vía redes sociales. Particular atención merece la ansiedad que genera la falta de confianza en las decisiones del Gobierno, y que esta ansiedad también se relaciona con el miedo al contagio por medios tan importantes como la forma en que se reciben los alimentos. Como telón de fondo de toda esta experiencia emocional negativa está la falta de control sobre los sucesos y la situación, tal como lo evidencia el informante 1:

“La gente siente desesperación. (...) Yo creo que sí hay gente que está pasando cuestiones mentales muy fuertes a través de esto, porque es un proceso que representa mucha incertidumbre, que el humano no lo puede controlar, el Gobierno no lo puede controlar, el sistema de salud no lo puede controlar. Entonces el humano siempre quiere tener el control, entonces al verse en esta situación es un poquito complicado” .

3.4.2 Malestar psicológico o pensamientos perturbadores

Entre las preocupaciones o pensamientos más perturbadores que tienen las personas, vinculados con la cuarentena y la pandemia de COVID-19, están

los relacionados con la alimentación, la salud de los familiares, el dinero, la pérdida del empleo, la economía en general, la capacidad del sistema de salud, las decisiones del gobierno y la duración de la cuarentena. Estos pensamientos perturbadores, desagregados en esta presentación, en la práctica conforman una red de situaciones indisoluble en la que cada cosa está ligada a otra. Por ejemplo, la preocupación por los alimentos es una cuestión personal, del hogar, pero también incluye a la familia extendida que vive en una casa diferente; unido a esto está la preocupación por la salud de todo el grupo familiar y el acceso a recursos de cada uno de sus miembros. Esto puede identificarse en las declaraciones del informante 2 (hombre, 25 años, bachiller en Contaduría y Finanzas):

“Realmente preocuparme pues pensaría por mi familia, en el caso mío pues mi persona, lo que estamos viviendo en la cuarentena por las cuestiones de trabajo o empleo, dinero, comida y todo lo que se viene en sí. Vivimos en un país donde si usted no trabaja no hay salario y todos dependemos del salario. Necesitamos del dinero para poder comer, entonces en esa cuestión, en ese punto uno se preocupa por el dinero, por el salario que recibe mensualmente, ya que depende de eso”.

El trabajo, además de ser una preocupación como recurso indispensable para la manutención familiar, en el contexto de la cuarentena puede jugar un rol terapéutico, tranquilizador e importante. Así lo expresa el informante 3 (mujer, 33 años, máster en Administración de Empresas):

“Fíjese que no me he sentido como desesperada o tampoco aburrida. Como tengo asignaciones propias de mi trabajo, eso me ha permitido distraerme un poco mentalmente, estar ocupada en otras cosas”.

Además de lo expuesto, hay ciertas ideas obsesivas que tienen un impacto significativo en la vida diaria

durante la cuarentena. Estas ideas se relacionan con la limpieza como medio para evitar el contagio. La informante 1 lo expresa así:

“Ella tiene niños, dice que a los niños los está metiendo en agua y jabón cada 30 minutos y está viviendo en una psicosis muy extrema”.

3.4.3 Vínculos familiares y sociales

Es interesante lo que reflejan las entrevistas en cuanto a la vida en familia de los informantes: parece que las condiciones de la cuarentena han propiciado el diálogo y la unidad familiar. Esto lo expresan los informantes 1 y 3:

“Actualmente somos una familia unida, tratamos de conversar, no conversamos tanto sino con casos así, o problemas que son un poco graves, somos unidos como familia y tratamos de mantenernos en casa”. (informante 1)

“Esto nos ha dado la oportunidad también de hablar de otras cosas que a veces en el día a día, por el trabajo, uno ya tiene una rutina, una cierta monotonía, y el estar acá nos permite compartir otras cosas, temas ya más personales o planes”. (informante 3)

En el caso de las relaciones sociales, que tienen que ver con los vínculos de amistad, los informantes declaran que se mantienen en la normalidad gracias a las redes sociales, aunque siempre se señalan las restricciones de movilidad imperantes. Así lo expone el informante 3:

“La verdad es que no han sufrido cambios, siempre nos mantenemos en contacto. Ahora con eso de WhatsApp, Facebook, redes sociales, siempre nos mantenemos en contacto, aunque ya no es como de repente antes que nos podíamos mirar en cualquier momento”.

3.4.4 Malestar físico

Según la información recogida en la entrevista, los

informantes sienten temor de estar contagiados de COVID-19 cada vez que experimentan algún síntoma físico, aunque este corresponda a otra enfermedad y, en ocasiones, incluso cuando es un simple estornudo. Así lo dice el informante 2:

“Con una gripe uno dice ya también estoy contagiado, entonces cuesta que se quite. Actualmente estoy saliendo de un problema respiratorio y una gripe, una infección por decirlo así, y ha costado, pero pienso yo que uno se mete en esa cuestión, por decirlo con palabras así, de que se me va a quitar y no se me quita, entonces en cierto punto afecta”.

Otro aspecto interesante son los síntomas físicos que no tienen como origen una enfermedad evidente y que podrían asociarse con el estrés, como la sensación de cansancio, las perturbaciones del sueño, problemas para comer y el dolor de cabeza. En este aspecto, los informantes 1 y 2 dicen lo siguiente:

“Ayer hablaba con una persona que me dice llevo días de no dormir, me duele la cabeza, siento que me explota, no como bien, no duermo bien”. (informante 1)

“(Siento) como estrés, por decirlo así, como estrés, cansancio, cuando anteriormente nada que ver”. (informante 2)

3.4.5 Factores o temas emergentes

Uno de los temas que surgió en las entrevistas es la fe, que se percibe como un factor regulador y estabilizador dentro del contexto familiar en las condiciones de la cuarentena. Se trata de un mecanismo psíquico, similar a una tecnología del yo (Foucault 2012), que se convoca conscientemente para autocalmarse. Esto se evidencia en las declaraciones de la informante 1:

“(En estos momentos) creo que una parte fundamental para nosotros, personalmente hablando, la oración ha sido un factor clave, porque eso es lo que ha traído para nosotros paz”.

En el polo opuesto de la fe surgió otro tema: los “factores vinculados que generan o intensifican el malestar” psicológico de la población. Entre estos factores están las noticias y los mensajes que se reciben por redes sociales. El informante 1 expresa las implicaciones de esta problemática de la siguiente manera:

“Pero ese es el temor que entra cuando estamos viendo tanta noticia, cuando estamos viendo tanta cosa. Hay momentos en que uno pone las noticias y le llegan tantos mensajes y eso quiere como incomodarlo sentimentalmente, como revolverle la inseguridad, el miedo, el temor”.

A lo expuesto se suma el miedo al contagio y la exclusión social, dos temas que para efectos de esta investigación han sido agrupados en la categoría “condiciones del entorno”. Ambos aspectos que se viven durante la pandemia están vinculados: el miedo al contagio, al síntoma del otro (incluso un pequeño estornudo o un gesto), provoca una reacción de exclusión (según la percepción de los entrevistados) y hasta una posible estigmatización y discriminación de la persona que presenta un síntoma visible que se vincule con la COVID-19. El informante 2 dice lo siguiente sobre esto:

“Genera como incomodidad en las demás personas, ¿verdad?, por la cuestión de que les han metido, por decirlo así, miedo o temor. Porque si uno va comúnmente a la pulpería y si lo miran que uno hace cualquier gesto, la gente se detiene, ya le dicen a uno tome el metro o dos metros de distancia y todo eso, entonces, aparte de tomar la seguridad que nos han dicho, prácticamente como que nos estamos excluyendo unos de otros, así siento yo”.

Esta condición del entorno está asociada con los “factores vinculados que generan malestar”. Sin

embargo, entre estas condiciones hostiles también hay elementos positivos, como la solidaridad vecinal que puede surgir en algunos casos. Sobre este tema declara el informante 1:

“Sí he visto muchas personas perder el control, pero creo que por eso estamos todos en este mismo círculo. Cuando yo pierdo el control, otro me puede ayudar, y cuando otro pierde el control, yo puedo ayudar”.

4. DISCUSIÓN

Muchos de los hallazgos de este estudio coinciden con los resultados obtenidos por otros investigadores en situaciones similares. Uno de ellos es la experiencia de la pérdida de control de los sucesos y situaciones de la vida diaria, también reportada por Brooks et al. (2020), vinculada con la frustración que produce el no poder continuar con la rutina habitual. En el caso de los síntomas depresivos según estado civil, Liu et al. (2012) mostraron que se ha manifestado una relación entre la situación producida por una enfermedad como el SARS-CoV y altos niveles de depresión, sobre todo en personas menores de 35 años y solteras. En este estudio se encontró que, en el caso de la muestra hondureña, los divorciados, solteros y viudos son quienes presentan los síntomas depresivos más elevados ($\bar{X}=12.667$; 11.092; 10.750), aunque estos no son altos sino que moderados. Es importante señalar que todas estas personas tienen en común el carecer de una pareja.

En esta investigación también se halló que existe una cantidad considerable de personas que han experimentado problemas de sueño frecuentes. Esto está refrendado por la muestra cuantitativa (50.3 %) y la información cualitativa. Coincide, además, con los reportes de investigación presentados por Bai et al. (2004). Es también relevante el hallazgo de que algunas personas se sienten excluidas y hasta

discriminadas por otras que sospechan que portan el virus, incluso cuando la única manifestación de esto es una tos o un estornudo. Este nuevo tipo de exclusión que trae la COVID-19, las experiencias de la gente, las emociones asociadas a ellas y la afectación psíquica que puede causarles, amerita estudios más profundos para los que esta investigación, al señalar la situación, puede convertirse en un precedente.

Es también importante considerar que esta investigación se ha centrado en la satisfacción con la vida, los síntomas depresivos, la felicidad (desde lo cuantitativo), las emociones (con algunos de sus desencadenantes) y el malestar psicológico que están experimentando las personas a consecuencia de la situación provocada por la COVID-19. Sin embargo, esto está lejos de agotar la temática y, solo en el plano psicológico, aún está pendiente investigar otras dimensiones de análisis importantes como la ansiedad, el riesgo suicida, el afrontamiento del estrés y el impacto que el miedo y la cuarentena han tenido sobre las personas con trastornos psicológicos persistentes. Además, es necesario investigar, desde la psicología social, con el auxilio de la económica y la sociología, cómo la crisis que se vive ha afectado la convivencia en las comunidades, la adaptación de las personas y el impacto que todo esto tendrá en la forma de vivir e interactuar en el contexto particular de los hondureños.

5. CONCLUSIÓN

La experiencia de la pandemia de COVID-19 y sus consecuencias, como la cuarentena, confrontan a las personas con la pérdida del control de sus vidas, sus rutinas laborales y personales. Todo esto provoca que broten emociones como el miedo, la desesperación, la nostalgia por la forma de vida momentáneamente perdida, incertidumbre e incomodidad. Todo esto está ligado a preocupaciones realistas (aunque a veces desbordadas por las noticias) sobre la salud propia y

de los seres queridos, el empleo, la alimentación y en general la situación social del país. Ante esto es urgente también pensar en la salud mental de la población, no abordar la problemática de la COVID-19 como si únicamente atañera a lo físico o económico. Una forma práctica de afrontar esta situación, entre otras cosas, es generando canales digitales mediante los cuales las personas puedan consultar a especialistas para que les brinden apoyo psicológico ante cualquier crisis que pueda surgir por la situación que están viviendo. Estos medios también deberían ser generados y promovidos desde el Estado como una acción para proteger la salud integral de la población. Pero esto solo puede realizarse a partir de la investigación científica, es decir, con base en estudios empíricos sobre la realidad que está enfrentando la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, R. (2006). Desarrollo de una Escala Factorial para Medir la Felicidad. *Revista Interamericana de Psicología/ Interamerican Journal of Psychology*, 40(1), 99-106.
- Árraga Barrios, M. V., & Sánchez Villarroel, M. (2012). Validez y confiabilidad de la Escala de Felicidad de Lima en adultos mayores venezolanos. *Universitas Psychologica*, 11(2), 381-393.
- Bai, Y., Chao-Cheng, L., Chin-Yuan, L., Chen, J.-Y., Ching-Mo, C., & Chou, P. (2004). Survey of Stress Reactions Among Health Care Workers Involved With the SARS Outbreak. *Psychiatric Service*, 55(9), 1055-1057. doi: 10.1176/appi.ps.55.9.1055
- Barrera Guzmán, M. L., & Flores Galaz, M. M. (2015). Construcción de una escala de salud mental positiva para adultos en población. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación*, 1(39), 22-33.
- Brooks, S., Webster, R., Smith, L., Woodland, L., Wessely, S., Greenberg, N., & Rubin, G. (2020). The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. *The Lancet*, 395(10227), 912-920. doi:

- 10.1016/S0140-6736(20)30460-8
- Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias (2020). Actualización no 129. Enfermedad por el Coronavirus (COVID-19). 07.06.2020. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social, Gobierno de España. Disponible en: https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Actualizacion_129_COVID-19.pdf
- CEPAL (2020). *América Latina y el Caribe ante la pandemia del COVID-19. Efectos económicos y sociales*. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45337>
- Despacho de Comunicación y Estrategia Presidencial (2020). *Coronavirus COVID-19 en Honduras*. Disponible en: <https://covid19honduras.org/>
- Diener, E., Emmons, R., Larsen, R., & Griffin, S. (1985). The Satisfaction With Life Scale. *Journal of Personality Assessment*, 49(1), 71-75. doi:10.1207/s15327752jpa4901_13
- Ena, J., & Wenzel, R. (2020). Un nuevo coronavirus emerge. *Revista Clínica Española*, 220(2), 115-116. doi:10.1016/j.rce.2020.01.001
- Foucault, M. (2008). *Tecnologías del yo y otros textos*. Introducción de Miguel Morey. Buenos Aires, Argentina: Editorial Paidós SAICF.
- García, C., Maguiña, C., & Gutierrez, R. (2003). Síndrome respiratorio agudo severo (SRAS). *Revista Médica Herediana*, 14(2), 89 - 93.
- Guerrero Bejarano, M. A. (2016). La investigación cualitativa. *INNOVA Research Journal*, 1(2), 1-9. doi:10.33890/innova.v1.n2.2016.7
- Kroenke, K., Spitzer, R., & Williams, J. (2001). The PHQ-9 Validity of a Brief Depression Severity Measure. *Journal of General Internal Medicine*, 16(9), 606-12. doi:10.1046/j.1525-1497.2001.016009606.x
- Liu, X., Kakade, M., Fuller, C., Fan, B., Fang, Y., Kong, J., . . . Wu, P. (2012). Depression after exposure to stressful events: lessons learned from the severe acute respiratory syndrome epidemic. *Comprehensive Psychiatry*, 53(1), 15-23. doi:10.1016/j.comppsy.2011.02.003
- OMS (2004). *Invertir en Salud Mental*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42897>
- OMS (2019). *Coronavirus causante del Síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV)*. Disponible en: <https://www.who.int/features/qa/mers-cov/es/>
- OMS (2020). *Alocución de apertura del Director General de la OMS en la rueda de prensa sobre la COVID-19 celebrada el 11 de marzo de 2020*: Disponible en: <https://www.who.int/es/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>
- Peña-Otero, D., Díaz-Pérez, D., de la Rosa-Carrillo, D., & Bello-Drona, S. (2020). ¿Preparados para el nuevo coronavirus? *Archivos de Bronconeumología*, 56(4), 195-196. doi:10.1016/j.arbres.2020.02.009
- Quero Virla, M. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos*, 12(2), 248-252.
- Saldivia, S., Aslan, J., Cova, F., Vicente, B., Inostroza, C., & Rincón, P. (2019). Propiedades psicométricas del PHQ-9 (Patient Health Questionnaire) en centros de atención primaria de Chile. *Revista Médica de Chile*, 147(1), 53-60. doi:10.4067/S0034-98872019000100053



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

No.25 / Año 2020

REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica
Universidad Nacional Autónoma de Honduras



DICIHT
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Terapias farmacológicas utilizadas en el tratamiento de la COVID-19. Revisión bibliográfica

Pharmacological therapies used in COVID-19 treatment. Bibliographic review

Lilian Sosa^a, Henry Ponce^b, Fredy Rodríguez^b, Karen Orellana^b, Dennis Cerrato^c

^a Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica, DICIHT. Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras

^b Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras

^c Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV, México D.F., México

DOI 10.5377/rct.v13i25.10410

Recibido: 26 junio 2020

Aceptado: 21 de agosto 2020

Publicado en línea: 23 noviembre 2020

RESUMEN

A finales del año 2019, surgió en China un brote de una enfermedad causada por un nuevo coronavirus conocido internacionalmente como COVID-19, propagándose por todo el mundo y declarada como pandemia en marzo del año 2020. Este virus ocasiona enfermedades respiratorias que van desde síntomas muy leves hasta cuadros severos, pudiendo ocasionar la muerte del paciente. No obstante, el marcado aumento en la comprensión del virus y la enfermedad ha permitido el desarrollo de pruebas diagnósticas, actuales ensayos *in-vitro* y ensayos clínicos de fármacos, así como vacunas y medidas de control epidemiológico. En el presente artículo, realizamos una revisión de la información disponible en bases de datos como: Pubmed, MedlinePlus, EMBASE o Scopus, Cochrane Library, LILACS, índice Médico Español (IME), entre otras, hasta junio del presente año, para conocer más acerca del patógeno, transmisión, síntomas, diagnóstico, patogénesis y centrándonos en los tratamientos farmacológicos mayoritariamente estudiados a nivel mundial.

Palabras clave: SARS-CoV, MERS-CoV, SARS-CoV-2, COVID-19, tratamiento farmacológico, ensayos clínicos

ABSTRACT

In late 2019, an outbreak of a disease caused by a new coronavirus known internationally as COVID-19 emerged in China, spreading worldwide and declared a pandemic in March 2020. This virus causes respiratory diseases ranging from very slight to severe symptoms, which may cause the death of the patient. However, the marked increase in the understanding of the virus and the disease has allowed the development of diagnostic tests, current *in-vitro* trials and clinical trials of drugs, vaccines, and epidemiological control measures. In this article, we carry out a review of the information available in databases such as: Pubmed, MedlinePlus, EMBASE or Scopus, Cochrane Library, LILACS, Spanish Medical Index (IME), among others, until June of this year, to learn more about the pathogen, transmission, symptoms, diagnosis,

Autor corresponsal

✉ **Lilian Sosa**
liliansosa2012@gmail.com

pathogenesis and focusing on the pharmacological treatments mainly studied worldwide.

Key words: SARS-CoV, MERS-CoV, SARS-CoV-2, COVID-19, pharmacological treatments, clinical trials

1. INTRODUCCIÓN

Los coronavirus son un grupo de virus que pertenecen a la familia *coronaviridae*, con tamaño diminuto (65–125 nm de diámetro), conteniendo un ARN monocatenario como material nucleico (Fig. 1) y dividiéndose en subgrupos: alfa (α), beta (β), gamma (γ) y delta (δ), siendo los dos primeros los causantes de los coronavirus humanos (Zhong et al. 2003). Asimismo, estos son promotores de enfermedades respiratorias que van desde un resfriado común hasta enfermedades más graves, como son los casos de los coronavirus causantes del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV, *Middle East Respiratory Syndrome*, por sus siglas en inglés) y el que ocasiona el síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV, *Severe Acute Respiratory Syndrome*, por sus siglas en inglés) (OMS 2020a).

A finales del año 2019, Wuhan, un centro de negocios emergente de China, experimentó un brote de un nuevo coronavirus que infectó a más de setenta

mil individuos dentro de los primeros cincuenta días de la epidemia. El virus provocó la infección respiratoria aguda causada por el coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2, *Severe Acute Respiratory Syndrome 2*, por sus siglas en inglés), causante de la enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19, *Coronavirus disease 2019*, por sus siglas en inglés). Se extendió por todo el mundo, declarándose como pandemia el 11 de marzo del 2020 (Shereen et al. 2020; Ghinai et al. 2020; Lai et al. 2020).

Hasta la fecha, conocemos que el SARS-CoV-2 ha logrado expandirse en la mayor parte de los países del mundo y debido a los movimientos migratorios, este virus fue propagándose, dejando cientos de personas infectadas. Cada día, las estadísticas cambian, por lo que solamente podemos mencionar que se han reportado más de 20 millones de infectados, incluidos más de medio millón de fallecidos (CIDBIMENA y Relaciger 2020).

2. TRANSMISIÓN, SÍNTOMAS Y DIAGNÓSTICO

2.1 Transmisión

Las características epidemiológicas, como la fuente de origen y forma de transmisión del virus, son determinantes para desarrollar estrategias preventivas contra la infección (Shereen et al. 2020). Se sospecha que

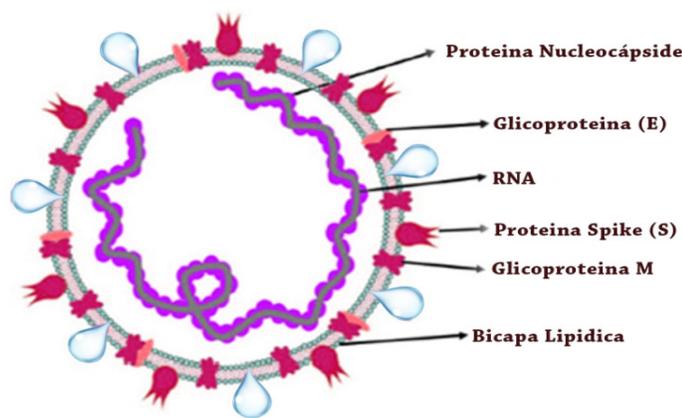


Fig. 1 Estructura del virus causante del coronavirus humano (adaptado de Shereen et al. 2020)

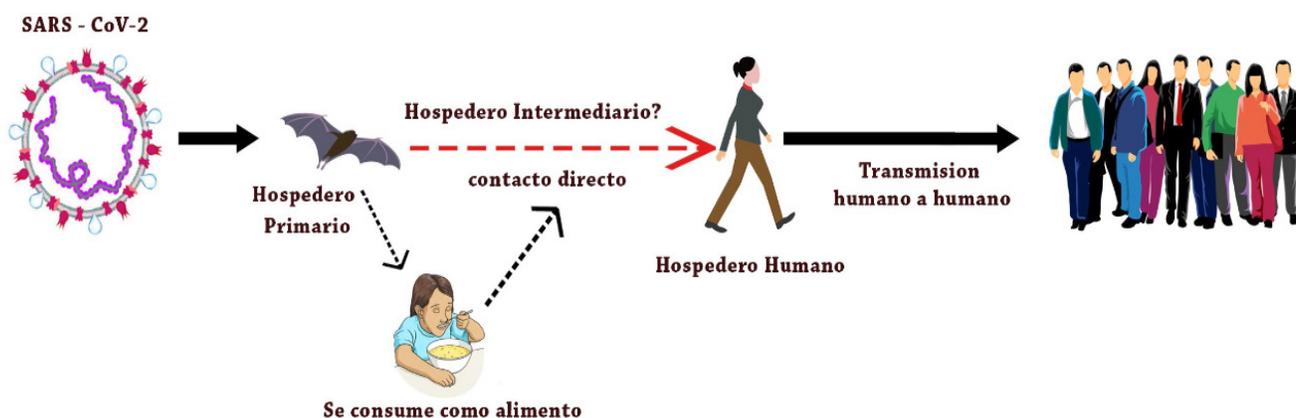


Fig. 2 Posible modo de transmisión del COVID-19 a los humanos (adaptado de Shereen et al. 2020)

el principal reservorio de los coronavirus es de origen animal. Tal es el caso de los anticuerpos contra SARS-CoV que se encontraron en murciélagos del género *Rhinolophus* que, que sugieren a estos últimos como la fuente de réplica viral (Shi y Hu 2008). Asimismo, en un estudio reciente, se detectaron anticuerpos contra el MERS en murciélagos de la especie *Pipistrellus* y *Perimyotis*, determinando que estos son los anfitriones claves y el medio de transmisión del virus (Annan et al. 2013), por lo que se aduce que probablemente el SARS-CoV-2 fue transmitido del murciélago al humano, ya sea por contacto directo o a través de un intermediario (Fig. 2).

Se considera que el virus se propaga de persona a persona cuando estas se encuentran en contacto cercano o directo (menos de 2 metros), a través de gotículas respiratorias que se producen cuando una persona infectada habla, tose o estornuda, siendo inhaladas por quienes se encuentran a una distancia próxima (CDC 2020a). Van Doremalen et al. (2020) y Kampf et al. (2020), en sus estudios, demostraron que el SARS-CoV-2 puede persistir en cartón (24-48 h), plástico (72 h) y acero inoxidable (72 h). No obstante, aún se continúa estudiando el contagio por contacto con superficies u objetos inanimados (CDC 2020b).

2.2 Síntomas

La media del período de incubación del virus, desde la exposición hasta el inicio de los síntomas, es de 4 a 5 días. El 97.5 % de los pacientes presentarán síntomas dentro de los 11.5 días después de la infección (Lauer et al. 2020).

Hasta la fecha, se ha demostrado que existen seis tipos distintos de COVID-19, cada uno de los cuales se distingue por un grupo de síntomas. Los investigadores sugieren que esta clasificación puede utilizarse para predecir la necesidad de asistencia respiratoria en COVID-19 severo. Estos seis tipos y sus síntomas se enumeran a continuación:

- a. Tipo I o “Parecido a la gripe” sin fiebre: dolor de cabeza, pérdida del olfato, dolores musculares, tos, dolor de garganta, dolor en el pecho, sin fiebre
- b. Tipo II o “Semejante a la gripe” con fiebre: dolor de cabeza, pérdida del olfato, tos, dolor de garganta, ronquera, fiebre, pérdida del apetito
- c. Tipo III o Gastrointestinal: dolor de cabeza, pérdida del olfato, pérdida del apetito, diarrea, dolor de garganta, dolor en el pecho, sin tos

- d. Tipo IV o Nivel uno severo, fatiga: dolor de cabeza, pérdida del olfato, tos, fiebre, ronquera, dolor de pecho, fatiga
- e. Tipo V o Nivel dos grave, confusión: dolor de cabeza, pérdida del olfato, pérdida del apetito, tos, fiebre, ronquera, dolor de garganta, dolor de pecho, fatiga, confusión, dolor muscular
- f. Tipo VI o Nivel tres severo, abdominal y respiratorio: dolor de cabeza, pérdida del olfato, pérdida del apetito, tos, fiebre, ronquera, dolor de garganta, dolor de pecho, fatiga, confusión, dolor muscular, dificultad para respirar, diarrea, dolor abdominal.

De la clasificación anterior, menos del 5 % de los pacientes clasificados en los tipos I, II y III han requerido de asistencia respiratoria. Por el contrario, de un 8 % a 19.8 % de los pacientes clasificados en los tipos IV, V y VI requirieron asistencia respiratoria (Wise 2020).

2.3 Diagnóstico

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha propuesto una serie de directrices de laboratorio para la detección y el diagnóstico de la infección. Las muestras deben ser tomadas por personal capacitado y teniendo en cuenta todas las instrucciones de bioseguridad y el uso adecuado del equipo de protección personal, así como el correcto lavado de manos y el uso de bata, respirador (N95 o FFP2), gafas y guantes (OMS 2020b).

Las muestras recomendadas para la detección del SARS-CoV-2 son las obtenidas de las vías respiratorias bajas como esputo, el lavado broncoalveolar y el aspirado traqueal. Sin embargo, cuando esto no es posible, las muestras obtenidas del tracto respiratorio superior también son útiles, como hisopados nasofaríngeos y/u orofaríngeos. Estas muestras deben mantenerse

refrigeradas (4-8 °C) y enviarse al laboratorio, donde se procesarán dentro de las próximas 24-72 horas de la toma. Por el contrario, si no se pueden enviar las muestras dentro de este período, se recomienda congelarlas a -70 °C hasta que se envíen, manteniendo la cadena de frío (OPS/OMS 2020; OMS 2020b).

Los ensayos de laboratorio utilizados para la detección del COVID-19 se pueden clasificar en: (a) métodos moleculares, (b) métodos serológicos y (c) detección de antígenos.

- a. Métodos moleculares. La Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, *Polymerase Chain Reaction*, por sus siglas en inglés) se considera el “estándar de oro” para la detección de algunos virus. En el caso del SARS-CoV-2, por ser un virus tipo ARN, se utiliza específicamente la PCR de Transcriptasa Inversa (RT) en tiempo real (RT-PCR, *Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction*, por sus siglas en inglés). La RT es una enzima que sintetiza ADN a partir de la molécula de ARN viral purificada. Posteriormente, el ADN viral obtenido se mezcla con cebadores, nucleótidos y ADN polimerasa. A dicha mezcla, se le adiciona una sustancia marcada con un fluoróforo que permita medir la tasa de generación de uno o más productos específicos. El termociclador provisto de sensores de fluorescencia (aparato que amplifica el ADN), tras excitar el fluoróforo de la muestra a una longitud de onda apropiada, genera las gráficas en tiempo real (Fig. 3). No obstante, esta técnica presenta desventajas, como la cantidad de horas que se demora para obtener los resultados. El diagnóstico mediante este método es, por tanto, “lento” en la situación actual, en la que se necesitan resultados rápidos (Wan et al. 2020; Brunning 2020; Grupo de Nanobiosensores y Aplicaciones

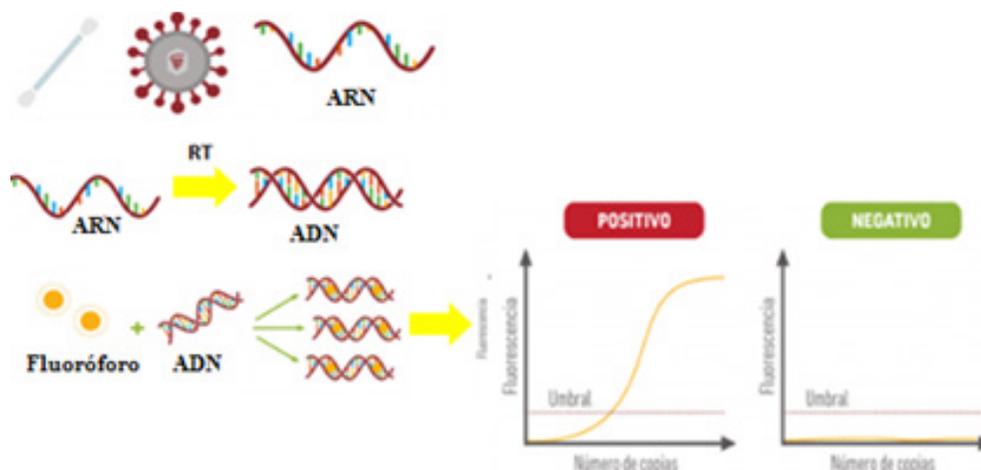


Fig. 3 Procedimiento del RT-PCR para la detección del COVID-19 (adaptado de Brunning (2020))

Bioanalíticas et al. 2020). Esta prueba presenta una especificidad y sensibilidad máxima del 100 % y 84.9 %, respectivamente (Padhye 2020).

- b. Métodos serológicos. Estas pruebas detectan la presencia de dos inmunoglobulinas: la Inmunoglobulina M (IgM), indicativo de la presencia del virus (infección aguda) y la Inmunoglobulina G (IgG), indicativo de infecciones pasadas. En definitiva, las pruebas serológicas pueden proporcionar información valiosa respecto a una infección activa o a un contagio previo. Puede ser, por tanto, una herramienta de diagnóstico masivo, sobre todo para detectar pacientes asintomáticos. En estas pruebas, se utiliza un total de 20 μ L de sangre del paciente sospechoso de portar el virus, la cual se coloca en la parte inferior del dispositivo, agregándose un total de tres gotas de solución tampón (tampón PBS 10 mM) para conducir por capilaridad la muestra a lo largo de la franja. La prueba completa tardará unos 15 minutos en finalizar. La interpretación de resultados los podemos ver en la Fig. 4 (Grupo de Nanobiosensores y Aplicaciones

Bioanalíticas et al. 2020). Esta prueba presenta una especificidad y sensibilidad máxima del 95 % y 91 %, respectivamente (Li et al. 2020). También se puede utilizar la prueba de detección de antígenos en combinación con la PCR. En la Tabla 1, se muestra la interpretación de los resultados de ambas pruebas.

- c. Detección de antígenos. La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, *Food and Drug Administration*, por sus siglas en inglés) ha emitido la primera autorización de emergencia para una prueba de antígenos en la detección del SARS-CoV 2, llamada Sofia 2 SARS Antigen FIA (FDA 2020). La prueba se trata de una un ensayo "sandwich" que combina la inmunofluorescencia para su uso con el analizador Sofia 2. El objetivo es la detección cualitativa del antígeno proteico de la nucleocápside del SARS-CoV-2. Esta prueba contiene un cassette de prueba (donde se lleva a cabo la reacción de inmunofluorescencia), reactivo de extracción, tubos de ensayo, pipetas estériles con capacidad de 120 μ L y el aparato Sofia 2. El procedimiento que se debe realizar

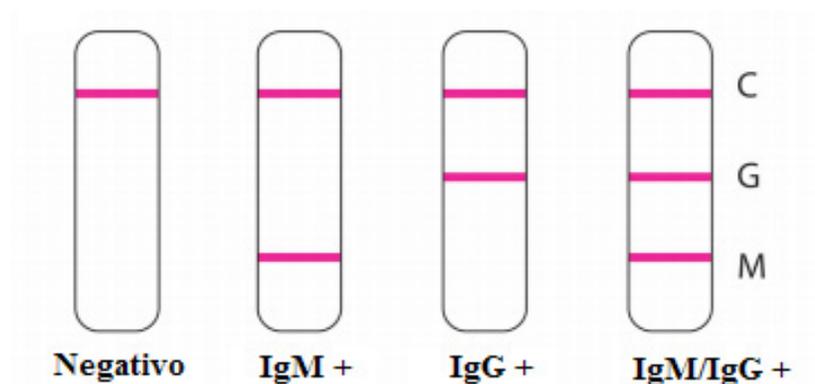


Fig. 4 Ilustración esquemática de la prueba rápida de anticuerpos combinados SARS-CoV-2 IgM-IgG. **IgM+**: Infección activa, **IgG+**: Infección pasada o curada y las **IgM/IgG+**: Enfermedad en evolución (Imagen tomada de Li et al. (2020))

Tabla 1 Interpretación de resultados en pacientes con la COVID-19. Información obtenida del Laboratorio Centro de Diagnóstico Clínico (2020) en Tegucigalpa, Honduras, 2020

PCR	Tipo de prueba		Significado clínico
	IgM	IgG	
-	-	-	Negativo
+	-	-	Periodo de ventana
+	+	-	Estadio temprano de la infección
+	+	+	Fase activa de la infección
+	-	+	Fase final de la infección
-	+	-	Estadio temprano con falso negativo. Confirmación por PCR
-	-	+	Infección pasada y curada
-	+	+	Enfermedad en evolución. PCR de confirmación, curación

se muestra en la Fig. 5. Primero, se prepara el reactivo de extracción. Seguidamente, se obtiene del paciente sospechoso de COVID-19 y con ayuda de un hisopo estéril, una muestra nasal o nasofaríngea. Esta debe introducirse en el tubo conteniendo el reactivo de extracción y se deja en contacto durante un mínimo de 1

minuto, haciendo rotar el cabezal del hisopo contra el interior del tubo mientras se retira. Posteriormente, con ayuda de una pipeta de capacidad de 120 μ L, se toma el contenido del tubo (con la muestra) y se coloca en el cassette de prueba, el cual debe insertarse en el analizador Sofía 2. Este aparato escanea las proteínas que

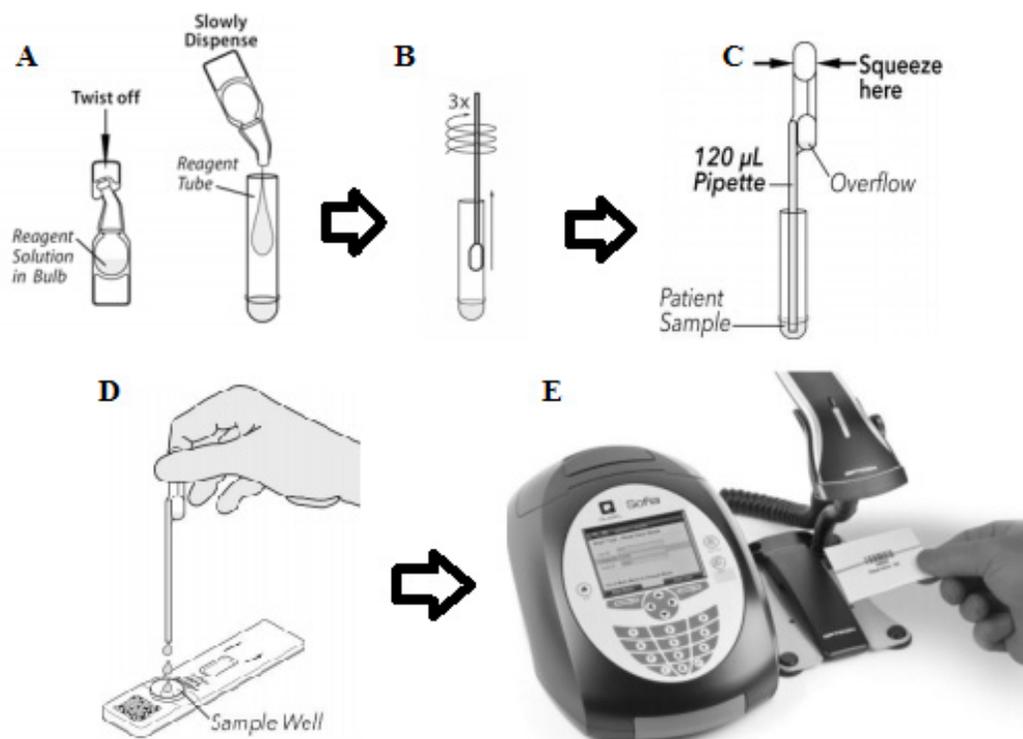


Fig. 5 Procedimiento de la prueba de detección de antígenos con Sofia 2 SARS Antigen FIA (adaptado de la FDA (2020))

se pueden encontrar en la superficie del virus o en su interior, utilizando algoritmos patentados para analizar los datos, interpretar señales y determinar los resultados automáticamente en un tiempo máximo de 15 minutos. Esta prueba presenta una especificidad y sensibilidad máxima del 100 % y 80 %, respectivamente (FDA 2020).

2.4 Patogénesis del Coronavirus

Se conoce que los coronavirus contienen en su estructura una proteína llamada *Spike* (S) o espina, que se une a los receptores de la enzima ACE2 del hospedero (ACE2, *Angiotensin-converting enzyme 2*, por sus siglas en inglés) (Fig. 6). La proteína S se divide en dos subunidades, S1 y S2, por una proteasa extracelular. Mientras S1 se une a ACE2, S2 se escinde aún más y es activada por la TMPRSS2 (Proteasa Transmembrana de Serina 2 Asociada a la Superficie del Huesped). Juntas, estas acciones dan como

resultado la fusión del virus en la membrana celular del hospedero (Hoffman et al. 2020). Asimismo, la activación de las proteinasas de S (tripsina y/o furina) liberan los ARN virales al citoplasma, iniciándose así la infección (Li et al. 2005; Kuba et al. 2010).

Las ACE2 se expresan principalmente en las células endoteliales vasculares, el epitelio tubular renal y en las células de Leydig en los testículos. También se expresan en el pulmón, los riñones y el tracto gastrointestinal, tejidos que albergan SARS-CoV-2 (Ksiazek et al. 2003; Leung et al. 2003).

3. TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO

Actualmente, no existen suficientes evidencias científicas que comprueben la eficacia de los tratamientos frente a la infección causada por el SARS-CoV-2 en el organismo humano. Esto genera una importante preocupación, debido al rápido avance de la infección a nivel mundial, ya que entre

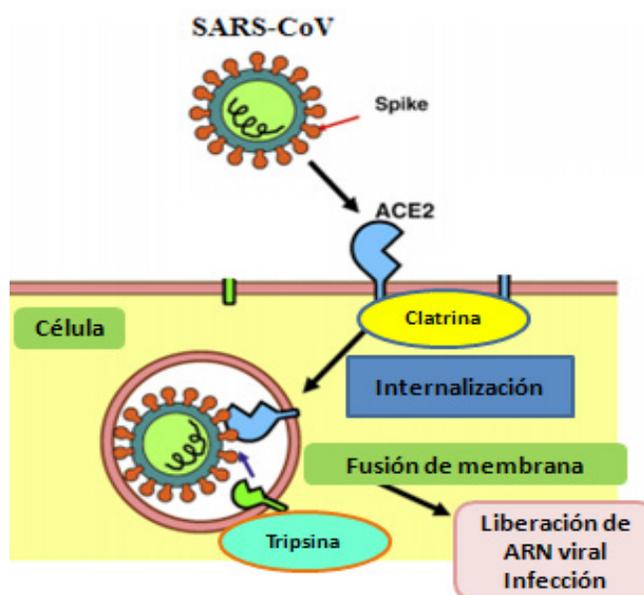


Fig. 6 Patogénesis del Coronavirus. Entrada del virus a la célula del hospedero (adaptado de Kuba et al. (2010))

un 5-10 % de los infectados puede tener un curso grave de la enfermedad, por lo cual la estrategia actual de tratamiento continúa fundamentándose en la terapia de soporte y prevención de complicaciones (Kamps y Hoffmann 2020). Paralelamente, para contribuir con evidencia científica confiable que ayude en la toma de decisiones clínicas, existen importantes esfuerzos en la realización de ensayos *in-vitro* al igual que ensayos clínicos controlados y aleatorizados. Estos toman, como punto de partida, fármacos que han demostrado previamente actividad antiviral contra otros virus similares como el SARS y el MERS. Se estudian también fármacos que, por su mecanismo de acción y experiencia de uso en otras patologías, podrían utilizarse como tratamiento para COVID-19. El abordaje farmacológico conlleva diferentes estrategias. Se puede impedir directamente la replicación viral al inhibir la entrada del virus o bloquear enzimas responsables de su replicación. Por otro lado, también se utilizan estrategias diseñadas para modular el sistema inmune humano, ya sea aumentando la respuesta innata antiviral natural o

inhibiendo los procesos inflamatorios exacerbados que pueden causar daño pulmonar (Tu et al. 2020).

3.1 Fármacos dirigidos a inhibir la replicación viral

Hidroxiclороquina

Es un antimalárico que puede bloquear la infección vírica al incrementar el pH del endosoma temprano, requerido para la fusión de la membrana entre el virus y la célula huésped. Recientemente, se ha demostrado que la hidroxiclороquina inhibe, de manera específica, la replicación del SARS-CoV al interferir con la glucosilación de su receptor celular, ACE2 (Vincent et al. 2005). Cierta confusión y resultados no concluyentes se han obtenido hasta la fecha con el uso de este fármaco. El pequeño ensayo clínico abierto no aleatorio de Gautret et al. (2020) demostró un efecto positivo en combinación con azitromicina, y por otra parte, estudios recientes no demuestran un mayor beneficio en la disminución de la mortalidad respecto al riesgo de su uso como tratamiento (Tang et al. 2020; Chen et al. 2020a; Geleris et al. 2020), ni como la profilaxis de COVID-19 (Boulware et al. 2020). Lo

que sí está claro es que el uso indiscriminado de este medicamento puede exponer a los pacientes a daños poco frecuentes pero potencialmente mortales, como arritmias, reacciones cutáneas o fallo hepático (Kamps y Hoffman 2020). Por esta razón, la recomendación de la FDA ha sido que su uso en tratamiento de la COVID-19 se realice en entornos hospitalarios controlados y que se puedan llevar a cabo ensayos clínicos controlados y aleatorizados para conocer su efectividad y seguridad en el contexto de la pandemia (Medina y Moncada 2020). Resta esperar los resultados de los ensayos clínicos que se desarrollan actualmente en todo el mundo con este fármaco.

Lopinavir/Ritonavir

Ambas moléculas han demostrado actividad inhibiendo la proteasa del VIH-1, siendo el responsable principal de esta acción el lopinavir, el cual presentó mayor potencia inhibitoria *in-vitro*, (Choy et al. 2020). En cambio, el ritonavir se utiliza principalmente como potenciador farmacocinético, mejorando los parámetros del primero (Hsu et al. 2003). Si bien es cierto que los coronavirus codifican una clase enzimática diferente de proteasa, denominada cisteína proteasa, algunos autores avalan la evidencia teórica de que dichos fármacos también inhiben la proteasa coronaviral 3CL1pro (Chu et al. 2004). En esa línea, una serie de estudios *in-vitro*, *in-vivo* y ensayos clínicos realizados en SARS y MERS demostraron su eficacia contra esta clase de virus. De hecho, se evaluaron *in-vitro* ambos fármacos, específicamente contra el SARS-CoV-2, y se encontró que únicamente el lopinavir inhibió la replicación de este virus eficazmente ($EC_{50} \sim 26.63 \mu\text{M}$), no así el ritonavir ($EC_{50} > 100 \mu\text{M}$) (Choy et al. 2020). Cabe destacar que la combinación de LPV/RTV más ribavirina demostró ser efectiva contra el SARS-CoV *in-vitro* (Jean et al. 2020). Por otra parte, el ensayo clínico contra COVID-19 **NCT04252885** utilizó la

combinación de lopinavir/ritonavir en pacientes con COVID-19 leve y moderado, sin embargo, pocos beneficios fueron observados (Agostini et al. 2018). En otro ensayo **ChiCTR2000029308**, realizado en pacientes con COVID-19 grave, no se observaron beneficios más allá de la atención estándar (Cao et al. 2020), ni se encontró diferencia entre la disminución de la carga viral y la mejoría clínica.

Ivermectina

Fue aprobado por la FDA como antiparasitario y ha demostrado poseer actividad antiviral *in-vitro* contra el VIH y contra el virus del dengue (Wagstaff et al. 2012). Actúa disociando el heterodímero IMP α/β 1 preformado, el cual es un transportador nuclear de proteínas virales, proceso esencial en el ciclo de replicación e inhibición de la respuesta antiviral del huésped. De acuerdo con lo planteado por Caly et al. (2012), la terapéutica sobre este proceso puede ser viable para el tratamiento de los virus de ARN. Mediante un estudio *in-vitro*, se demostró la capacidad del fármaco para reducir el ARN viral hasta 5,000 veces después de 48 h de infección con SARS-CoV-2 con una concentración inhibitoria $IC_{50} \sim 2 \mu\text{M}$ (Caly et al. 2020). Sin embargo, modelos farmacocinéticos demuestran que la dosis recomendada para este fármaco no alcanza las concentraciones reportadas contra el virus SARS-CoV-2 *in-vitro*, por lo que es indispensable llevar a cabo ensayos clínicos para comprobar la eficacia y seguridad de esta molécula en humanos para el tratamiento de la COVID-19.

Remdesivir

Es un profármaco que puede incorporarse al ARN viral inhibiendo la ARN-polimerasa, lo que detiene la replicación del genoma del SARS-CoV-2. El remdesivir ha sido previamente estudiado en ensayos clínicos contra el virus del Ébola (Mulangu et al. 2019), así como contra SARS-CoV y MERS-CoV

en estudios *in-vitro* e *in-vivo* (Wang et al. 2020a), encontrándose resultados favorables. Recientemente, se ha evaluado su actividad *in-vitro* contra SARS-CoV-2, demostrando que inhibe la replicación de este virus en células Vero E6 con IC_{50} por debajo de 100 μ M (Choy et al. 2020). Es considerado el agente antiviral más prometedor hasta el momento (Kamps y Hoffmann 2020), fundamentado por sus particulares características estructurales, potente actividad viral contra el SARS-CoV-2 y seguridad en la experiencia clínica contra el virus del Ébola (Jorgensen et al. 2020). De acuerdo con lo reportado por Holshue et al. (2020), el remdesivir mostró buen resultado en un paciente hospitalizado en Estados Unidos por COVID-19. Los ensayos clínicos en los que se encuentra este estudio son *NCT04252664* y *NCT04257656*, ambos ensayos clínicos aleatorizados.

Favipivir

Es un análogo del remdesivir, lo que le permite inhibir la ARN polimerasa (Furuta et al. 2017). Pese a que ha sido aprobado para la influenza, su uso contra el SARS-CoV-2 ha sido mínimo en comparación al fármaco anterior. Se le ha utilizado en conjunto con el interferón α gracias al efecto sinérgico esperado de la inhibición viral y la mejora en el sistema inmune. De allí que en mayo del 2020, fue probado como el primer fármaco anti-COVID-19 bajo ensayo abierto controlado, nombrado como *ChiCTR2000029600*, el cual demostró eficacia con efectos secundarios mínimos.

Umifenovir

También conocido como arbidol, este fármaco se ha utilizado contra los virus de la influenza y los arbovirus (Kadam y Wilson 2016), dirigido específicamente a la hemaglutinina (HA), que es la glucoproteína principal que se encuentra en la superficie del virus de la gripe. En el caso del SARS-CoV-2, se ha

demostrado que reviene la fusión de la membrana viral con la endosoma de la célula al impedir la interacción entre la proteína S y la ACE2. Los estudios *NCT04260594* y *NCT04255017* se tratan de ensayos clínicos aleatorizados dirigidos, utilizándose el fármaco como agente único. Asimismo, un estudio reciente comparó el uso del arbidol con favipiravir (*ChiCTR2000030254*) y este último demostró ser más efectivo contra COVID-19 (Chen et al. 2020b).

Enzima convertidora de angiotensina recombinante

Dado que la proteína S del SAR-CoV-2 interactúa con la ACE2 celular, se espera que la enzima convertidora de angiotensina humana recombinante soluble (rhACE2) bloquee la entrada del virus al unirse esta al virus en lugar de la ACE2 celular. Asimismo, la administración de rhACE2 puede disminuir el nivel sérico de angiotensina II al dirigir el sustrato lejos de la enzima. Esto podría evitar una mayor activación del receptor ACE2 y, por lo tanto, preservar la integridad vascular pulmonar y prevenir el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) (Khan et al. 2017). Un pequeño estudio piloto, identificado como *NCT04287686*, está evaluando el papel biológico y fisiológico de rhACE2 en la neumonía causada por la enfermedad COVID-19, especialmente como tratamiento del SDRA.

Homoharringtonina

Es un alcaloide vegetal con actividad antitumoral, a partir del cual existe una forma semisintética denominada omacetaxina, aprobada por la FDA como medicamento para el tratamiento de la leucemia mieloide crónica (Dong et al. 2018). Este fármaco demostró previamente actividad antiviral contra diferentes virus, incluyendo algunos coronavirus, por lo cual se evaluó su actividad antiviral inhibitoria *in-vitro* contra el SARS-CoV-2, encontrándose que inhibe este virus eficazmente ($IC_{50} \sim 2.10 \mu$ M) (Choy

et al. 2020). Sin embargo, estudios farmacocinéticos indican que con las dosis recomendadas, se alcanza una IC_{50} muy por debajo de las reportadas contra el virus SARS-CoV-2 *in-vitro*, por lo cual es indispensable evaluar su seguridad y eficacia mediante estudios *in vivo*.

3.2 Fármacos que potencian la respuesta inmunológica innata antiviral

Teicoplanina

Es un antibiótico utilizado para tratar la infección por estafilococos. Previamente, mostró eficacia para inhibir la primera etapa del ciclo viral del coronavirus MERS en células humanas (Baron et al. 2020), por lo cual se considera como un potencial tratamiento para pacientes con COVID-19. Asimismo, también demostró inhibir el SARS-Cov-2 *in-vitro* con una IC_{50} de 1.66 μ M, que es mucho más baja que la concentración clínica habitual. Esto podría sugerir que con la dosis empleada habitualmente, es posible tratar a pacientes con infección por SARS-CoV2. Además, es importante considerar también su buen perfil de seguridad, con lo cual es posible optimizar dosis de ser necesario (Zhang et al. 2020a). A la vista de estos resultados, es necesario comprobar su eficacia y seguridad mediante ensayos clínicos controlados y aleatorizados, ya que se han reportado algunas experiencias con datos alentadores, pero con limitaciones metodológicas importantes (Ceccarelli et al. 2020).

Emetina

Este fármaco actúa como inhibidor de la síntesis de proteínas. Fue aprobado como medicamento para el tratamiento de la amebiasis. Por otra parte, se ha demostrado que posee actividad antiviral contra una amplia variedad de virus ADN y ARN, incluidos SARS-CoV y MERS-CoV. Por esta razón, Choy

et al. (2020) evaluaron recientemente su actividad antiviral *in-vitro* contra el SARS-CoV-2, encontrando que puede inhibir efectivamente la replicación del virus. Sin embargo, las concentraciones terapéuticas plasmáticas reportadas previamente se encuentran por debajo de la EC_{50} contra el virus SARS-CoV-2 *in-vitro* (EC_{50} de 0.46 μ M). Como una propuesta para reducir la concentración efectiva de compuesto individual por debajo de la concentración plasmática terapéutica máxima, estos investigadores evaluaron el efecto combinatorio de remdesivir y emetina *in-vitro*, y observaron que puede lograr un 64.9 % de inhibición del rendimiento viral con una EC_{50} de 0.195 μ M, siempre realizando la recomendación que esto debe ser evaluado *in-vivo*.

3.3 Fármacos que potencian la respuesta inmunológica innata natural

Interferón recombinante

Aquellas células infectadas con algún tipo de virus, como mecanismo de defensa, secretan interferones tipo I, alfa y beta; de allí que estas sustancias han demostrado efecto antiviral contra el SARS-CoV (Cinatl et al. 2003) y el MERS-CoV (Sheahan et al. 2020; Cinatl et al. 2003). Los actuales ensayos clínicos, como ser *NCT04293887*, se centran en la seguridad y eficacia en el tratamiento de la neumonía causada por COVID-19.

Inmunoglobulina

Es una terapia común en campos de la neurología, dermatología y reumatología, actuando en el sistema inmune dependiente de las dosis. Así, dosis entre 0.2 -0.4 g/kg son utilizadas como terapia de reemplazo en la deficiencia de anticuerpos. Por otra parte, funciones inmunomoduladoras son observadas con dosis de hasta 2 g/kg, suprimiendo la proliferación de células inflamatorias e inhibiendo la fagocitosis (Jolles et al. 2005). Actuales ensayos clínicos, como

NCT04261426, están centrados en los efectos suplementarios de las dosis bajas de Ig IV 0.5 g/kg durante 5 días.

Anticuerpos neutralizantes específicos de SARS-CoV-2

Este tipo de tratamiento es un enfoque a largo plazo. Sin embargo, la especificidad en contra del COVID-19 lo hace ser esperanzador, además de mostrar éxito en un pasado reciente contra el virus del Nilo Occidental (Tsioris et al. 2015). Algunas compañías norteamericanas se encuentran desarrollando un anticuerpo capaz de neutralizar el SARS-CoV-2 en pacientes infectados, para lo cual se han analizado más de 5 millones de células inmunes de los primeros pacientes en sufrir COVID-19 y que se lograron recuperar.

Zinc

Este es un mineral esencial para el cuerpo humano. Los experimentos in-vitro demuestran que el zinc posee actividad antiviral a través de la inhibición de la ARN polimerasa del virus, presenta actividad antiinflamatoria y también puede reducir el riesgo de coinfección bacteriana. No obstante, se requieren ensayos clínicos en humanos que compruebe su efectividad frente a la COVID-19 (Skalny et al. 2020).

3.4 Fármacos que controlan la respuesta exacerbada a la enfermedad

Metilprednisolona

Es sabido que los glucocorticoides sistémicos pueden prolongar la eliminación viral, de allí que sean contraindicados en la infección por SARS-CoV-2. Sin embargo, dado que la patogénesis subyacente de la neumonía por COVID-19 se compone tanto del daño directo causado por el virus como de la respuesta inmune excesiva del huésped, se ha planteado que la administración de este corticosteroide suprimiría las

reacciones inmunes no deseadas (Wang et al. 2020b). Dicho planteamiento es aún controvertido, por lo que algunos estudios se encuentran explorando su efectividad y seguridad (*NCT04273321*, *NCT04263402*).

Tocilizumab

La interleucina-6 (IL-6), Factor de necrosis tumoral (TNF- α) e IL-1 son las citocinas proinflamatorias más importantes en el cuerpo humano. La IL-6 es el factor predictivo de mal pronóstico en pacientes que sufren SDRA (Voiriot et al. 2017). Es un anticuerpo monoclonal humanizado recombinante, aprobado por la FDA para el tratamiento de artritis reumatoide. Se une a los receptores de interleucina-6, bloqueando la señalización de IL-6 y su respuesta inflamatoria mediada (Zhang et al. 2020b), por lo cual se ha considerado en el tratamiento de la COVID-19, especialmente en pacientes con riesgo de tormenta de citocinas. En este sentido, se han realizado algunos estudios para evaluar el uso de tocilizumab en pacientes con diagnóstico COVID-19 crítico o grave, con resultados favorecedores respecto a su eficacia en ese estadio de la enfermedad (Luo et al. 2020; Zhang et al. 2020b). Sin embargo, estos datos aun no son contundentes. Actualmente, se han puesto en marcha varios ensayos clínicos con este fármaco, en los que se emplea individualmente (*ChiCTR2000029765*) y en combinación con otros fármacos (*ChiCTR2000030442*, *ChiCTR2000030894*).

Talidomida

Debido a sus efectos anti angiogénico, antiinflamatorio y antifibrótico recientemente descubiertos, este antiguo fármaco comercializado después de la Segunda Guerra Mundial disminuye la síntesis del TNF-alfa, por lo que se ha utilizado como tratamiento para múltiples enfermedades inflamatorias (Vargesson 2015). Estudios actuales se están llevando a cabo analizando los efectos inmunomoduladores capaces

de disminuir la lesión pulmonar causada por un exceso de respuesta inmunitaria al virus SARS-CoV-2 (*NCT04273529*, *NCT04273581*).

Heparina

La infección por la COVID-19 se ha asociado directamente con estados protrombóticos (Guan et al. 2020). Se ha asociado el uso de la heparina de bajo peso molecular en pacientes infectados, demostrando efectos beneficiosos. También podría ser utilizado como profiláctico (Thachil 2020).

4. TRATAMIENTO DE LA COVID-19 EN HONDURAS

Actualmente, se está realizando el estudio "Solidaridad", el cual consiste en un ensayo clínico internacional, puesto en marcha por la OMS y sus asociados, en donde se comparan opciones de tratamiento y que tiene como objetivo final el descubrir con rapidez si alguno de los medicamentos estudiados retrasa la progresión de la enfermedad o mejora la tasa de supervivencia. Los medicamentos que se están ensayando en este estudio son los siguientes: remdesivir, liponavir/ritonavir, liponavir/ritonavir combinado con interferon alfa e hidroxiclороquina (cloroquina). La información de estos medicamentos se encuentra definida anteriormente en este documento. Se están esperando resultados de este estudio (OMS 2020c).

En Honduras, a través de la Secretaría de Salud, se oficializó en abril del 2020 el protocolo de manejo clínico del paciente adulto con COVID-19 según las etapas de la enfermedad en los distintos niveles de atención (Secretaría de Salud de Honduras 2020b). En junio de este mismo año, fue publicada una segunda versión revisada (Secretaría de Salud de Honduras 2020c) que incluía los mismos medicamentos, y el documento de lineamientos para el manejo clínico ambulatorio de pacientes con COVID-19 según estadios de la enfermedad (Secretaría de Salud de Honduras 2020a). En relación a los medicamentos

que conforman estos protocolos, **hemos mencionado aquellos que permanecen o han sido evaluados científicamente para el tratamiento de la COVID-19 a nivel nacional e internacional** y que cuentan con evidencia documentada, ya sea con resultados favorables o poco alentadores, como son: **ivermectina, hidroxiclороquina, tocilizumab y metilprednisolona**. Estos han sido discutidos previamente, incluyendo los reportes de ensayos *in-vitro* para la evaluación de la acción inhibitoria del SARS-CoV-2 en algunos de estos. Cabe mencionar que hasta el momento de esta revisión, no existen reportes científicos locales sobre los resultados de la implementación de estos protocolos o sobre el comportamiento de estos medicamentos en la población hondureña que ha sido infectada y tratada con los mismos, lo cual resulta relevante para la obtención de los mejores resultados en el control de la enfermedad.

Dentro de los protocolos de tratamiento que no han sido aún avalados científicamente, cabe mencionar que el gobierno de la República de Honduras, durante este año, ha elaborado una propuesta de manejo de primera línea del COVID-19. Sin embargo, este tratamiento, hasta la fecha, no se encuentra publicado. Lo denominan el **tratamiento MAIZ**, un acrónimo en el cual se detallan a continuación cuatro medicamentos:

M: Microdacyn

A: Azitromicina

I: Ivermectina

Z: Zinc

A este protocolo de tratamiento, también se ha agregado el acetaminofen y la hidroxiclороquina (Gobierno de Honduras 2020).

De los cuatro medicamentos anteriores, dos han causado polémica a nivel nacional y mundial. Primero,

el microdacyn (ácido hipocloroso e hipoclorito de sodio), *solución electrolizada indicada para utilizarse en el desbridamiento, la irrigación y la hidratación de las heridas, úlceras, cortes, abrasiones y quemaduras de naturaleza tanto aguda como crónica*, es efectivo en procesos bacterianos y virales. No obstante, no se ha probado su eficacia en el tratamiento de la COVID-19 (Microdacyn 2020). Asimismo, es importante manejar la información toxicológica de este producto. Segundo, hay controversia con el uso de la azitromicina, ya que en un estudio realizado por Cavalcanti et al (2020), esta molécula no ayudó a mostrar mejorías en los pacientes que participaron en el ensayo clínico. Por el contrario, en el estudio realizado por Arshad et al. (2020), el tratamiento con azitromicina mostró una disminución en la mortalidad de los pacientes. Es por ello que se aconseja seguir los estudios con este fármaco.

Del mismo modo que el protocolo MAIZ, se habla del tratamiento denominado "CATRACHO", el cual fue creado por un médico hondureño que reside en los Estados Unidos de Norteamérica. Está conformado por medicamentos como: **colchicina, antiinflamatorios, tocilizumab, ivermectina, anticoagulantese hidroxloroquina**. Este método, se supone, contrarresta infecciones inflamatorias y de hipercoagulación que pueden conllevar una trombosis y es aplicado en la etapa de hospitalización. Consiste en el suministro de antivirales, antiinflamatorios, anticoagulantes y terapia de sistema con alto flujo de oxígeno. Al igual que el tratamiento MAIZ, es necesario que estos protocolos sean publicados para que puedan ser científicamente válidos (Criterio.hn 2020). Estos protocolos de tratamiento deben ser dispensados bajo supervisión médica.

5. DISCUSIÓN

Hasta la fecha, no existen fármacos o vacunas

específicas para SARS-CoV-2 y el tratamiento clínico de la COVID-19 ha sido limitado a la terapia de soporte y prevención de complicaciones. Por lo tanto, hay una necesidad urgente de desarrollar una vacuna segura y estable, ya que la transmisión interpersonal del virus podría prevenirse inmunizando a los trabajadores de la salud y la población no infectada.

Si bien es cierto que el descubrimiento de nuevos fármacos conlleva muchos años de estudio (15-20 años), la elección de moléculas ya aprobadas para otras enfermedades es una estrategia prometedora para el tratamiento de la COVID-19. Tal es el caso de todos los fármacos que mencionamos en la presente revisión. Es importante destacar que la mayoría de estos se han identificado mediante: modelos virtuales de detección, líneas celulares o modelos animales, probando su actividad antiviral *in-vitro*. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo ensayos clínicos controlados y aleatorizados para probar la eficacia y seguridad de los medicamentos en las personas y aumentar significativamente el nivel de evidencia científica disponible.

Conocemos de las dificultades para la implementación de ensayos clínicos, sobre todo en países como Honduras, con serias limitaciones en sus sistemas sanitarios. Esto dificulta los controles y el seguimiento óptimo, ocasionando que el uso compasivo sea el pilar de la atención clínica. Resulta imposible conocer de forma precisa y documentar el beneficio o riesgo que conllevó la utilización de estos medicamentos en la población, con poco aporte además a la ciencia en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostini, M. L., Andres, E. L., Sims, A. C., Graham, R. L., Sheahan, T. P., Lu, X., ... & Ray, A. S. (2018). Coronavirus susceptibility to the antiviral remdesivir (GS-5734) is mediated by the viral polymerase and the proofreading

- exoribonuclease. *mBio*, 9(2). doi: [10.1128/mBio.00221-18](https://doi.org/10.1128/mBio.00221-18)
- Arshad, S., Kilgore, P., Chaudhry, Z. S., Jacobsen, G., Wang, D. D., Huitsing, K., ... & Zervos, M. (2020). Treatment with hydroxychloroquine, azithromycin, and combination in patients hospitalized with COVID-19. *International Journal of Infectious Diseases*, 97, 396–403. doi: [10.1016/j.ijid.2020.06.099](https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.06.099)
- Annan, A., Baldwin, H. J., Corman, V. M., Klose, S. M., Owusu, M., Nkrumah, E. E., ... & Drexler, J. (2013). Human betacoronavirus 2c EMC/2012–related viruses in bats, Ghana and Europe. *Emerging Infectious Diseases*, 19(3), 456–459. doi: [10.3201/eid1903.121503](https://doi.org/10.3201/eid1903.121503)
- Baron, S. A., Devaux, C., Colson, P., Raoult, D., & Rolain, J. M. (2020). Teicoplanin: an alternative drug for the treatment of COVID-19? *International Journal of Antimicrobial Agents*, 55(4). doi: [10.1016/j.ijantimicag.2020.105944](https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105944)
- Brunning, A. (2020). Infografías Periódicas: Una Guía para las pruebas de COVID-19. *Chemical & Engineering News*. Accesado 28 de mayo de 2020. Disponible en: <https://cen.acs.org/content/dam/cen/98/25/WEB/09825-feature4-spanish.pdf>
- Boulware, D. R., Pullen, M. F., Bangdiwala, A. S., Pastick, K. A., Logfren, S. M., Okafor, E. C., ... & Hullsiek, K. H. (2020). A Randomized Trial of Hydroxychloroquine as Postexposure Prophylaxis for Covid-19. *The New England Journal of Medicine*, 383, 517–525. doi: [10.1056/NEJMoa2016638](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2016638)
- Caly, L., Wagstaff, K. M., & Jans, D. A. (2012). Nuclear trafficking of proteins from RNA viruses: Potential target for antivirals? *Antiviral Research* 95(3), 202–206. doi: [10.1016/j.antiviral.2012.06.008](https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2012.06.008)
- Caly, L., Druce, J. D., Catton, M. G., Jans, D. A., & Wagstaff, K. M. (2020). The FDA-approved Drug Ivermectin inhibits the replication of SARS-CoV-2 in vitro. *Antiviral Research*, 178, 104787. doi: [10.1016/j.antiviral.2020.104787](https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2020.104787)
- Cao, B., Wang, Y., Wen, D., Liu, W., Wang, J., Fan, G., ... & Wang, C. (2020). A Trial of Lopinavir–Ritonavir in Adults Hospitalized with Severe Covid-19. *The New England Journal of Medicine*, 382(19), 1787–1797. doi: [10.1056/NEJMoa2001282](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001282)
- Cavalcanti, A. B., Zampieri, F. G., Rosa, R. G., Azevedo, L., Veiga, V. C., Avezum, A., ... & Berwanger, O. (2020). Hydroxychloroquine with or without Azithromycin in Mild-to-Moderate Covid-19. *The New England Journal of Medicine*. doi: [10.1056/NEJMoa2019014](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2019014)
- Ceccarelli, G., Alessandri, F., d’Ettorre, G., Borrazo, C., Spagnolello, O., Oliva, A., ... & Venditti, M. (2020). Is teicoplanin a complementary treatment option for COVID-19? The question remains. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 56(2), 106029. doi: [10.1016/j.ijantimicag.2020.106029](https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.106029)
- CIDBIMENA & Relaciger (2020). COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering. Accesado 07 de septiembre de 2020. Disponible en: <http://www.bvs.hn/COVID-19/index2.html>
- CDC (2020a). Enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19): Cómo se propaga el COVID-19. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. Accesado 22 de mayo de 2020. Disponible en: <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html>
- CDC (2020b). Enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19): Síntomas de la enfermedad del coronavirus. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. Accesado 22 de mayo de 2020. Disponible en: <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/symptoms.html>
- Chen, C., Zhang, Y., Huang, J., Yin, P., Cheng, Z., Wu, J., ... & Wang, X. (2020a). Favipiravir versus Arbidol for COVID-19: A Randomized Clinical Trial. *medRxiv*. doi: [10.1101/2020.03.17.20037432](https://doi.org/10.1101/2020.03.17.20037432)
- Chen, J., Liu, D., Liu, L., Liu, P., Xu, Q., Xia, L., ... & Lu, H. (2020b). A pilot study of hydroxychloroquine in treatment of patients with moderate COVID-19. *Journal of Zhejiang University Medical Sciences*, 49(2). doi: [10.3785/j.issn.1008-9292.2020.03.03](https://doi.org/10.3785/j.issn.1008-9292.2020.03.03)
- Choy, K. T., Wong, A. Y. L., Kaewpreedee, P., Sia, S. F., Chen, D., Hui, K. P. Y., ... & Yen, H. L. (2020). Remdesivir, lopinavir, emetine, and homoharringtonine inhibit SARS-CoV-2 replication in vitro. *Antiviral Research*, 178, 104786. doi: [10.1016/j.antiviral.2020.104786](https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2020.104786)

- Chu, C.M., Cheng, V. C. C., Hung, I. F. N., Wong, M. M. L., Chan, K. H., Chan, K. S., ... & Yuen, K. Y. (2004). Role of lopinavir/ritonavir in the treatment of SARS: Initial virological and clinical findings. *Thorax*, 59(3), 252-256. doi: [10.1136/thorax.2003.012658](https://doi.org/10.1136/thorax.2003.012658)
- Cinatl, J., Morgenstern, B., Bauer, G., Chandra, P., Rabenau, H., & Doerr, H. W. (2003). Treatment of SARS with human interferons. *The Lancet*, 362(9380), 293-294. doi: [10.1016/S0140-6736\(03\)13973-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)13973-6)
- Criterio.hn (2020). MAÍZ y CATRACHO están siendo utilizados para abrir los comercios. Accesado 16 de agosto de 2020. Disponible en: <https://criterio.hn/maiz-y-catracho-estando-utilizados-para-abrir-los-comercios/>
- Dong, H. J., Wang, Z. H., Meng, W., Li, C. C., Hu, Y. X., Zhou, L. & Wang, X. J. (2018). The Natural Compound Homoharringtonine Presents Broad Antiviral Activity In Vitro and In Vivo. *Viruses*, 10(11), 601. doi: [10.3390/v10110601](https://doi.org/10.3390/v10110601)
- FDA (2020). Letter to Ron H. Lollar. Accesado el 26 de mayo de 2020. Disponible en: <https://www.fda.gov/media/137886/download>
- Furuta, Y., Komeno, T., & Nakamura T. (2017). Favipiravir (T-705), a broad spectrum inhibitor of viral RNA polymerase. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 93(7), 449-463. doi: [10.2183/pjab.93.027](https://doi.org/10.2183/pjab.93.027)
- Gautret, P., Lagier, J. C., Parola, P., Hoang, V. T., Meddeb, L., Mailhe, M., ... & Raoult, D. (2020). Hydroxychloroquine and azithromycin as a treatment of COVID-19: Results of an open-label non-randomized clinical trial. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 56, 105949. doi: [10.1016/j.ijantimicag.2020.105949](https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105949)
- Geleris, J., Sun, Y., Platt, J., Zucker, J., Baldwin, M., Hripcsak, G., ... & Schluger, N. W. (2020). Observational Study of Hydroxychloroquine in Hospitalized Patients with Covid-19. *The New England Journal of Medicine*, 382, 2411-2418. doi: [10.1056/NEJMoa2012410](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2012410)
- Ghinai, I., Mcpherson, T. D., Hunter, J. C., Kirking, H. L., Christiansen, D., Joshi, K., ... & Uyeki, T. M. (2020). First known person-to-person transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in the USA. *The Lancet*, 395(10230), 1137-1144. doi: [10.1016/S0140-6736\(20\)30607-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30607-3)
- Gobierno de Honduras (2020). MAIZ PACK Tratamiento de 10 días. Accesado 15 de agosto de 2020. Disponible en: <https://megalabs.global/wp-content/uploads/2020/06/Animacion-MAIZ-Pack-Gobierno-de-Honduras.pdf>
- Guan, W. J., Ni, Z. Y., Hu, Y., Liang, W. H., Ou, C. Q., He, J. X., ... & Li, L. J. (2020). Clinical Characteristics of Coronavirus disease 2019 in China. *The New England Journal of Medicine*, 382(18), 1708-1720. doi: [10.1056/NEJMoa2002032](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2002032)
- Grupo de Nanobiosensores y Aplicaciones Bioanalíticas (NanoB2A), Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (ICN2), CSIC, CIBER-BBN y BIST (2020). Técnicas y sistemas de diagnóstico para COVID-19: clasificación, características, ventajas y limitaciones. NanoB2A - ICN2, Diagnóstico COVID-19, Bellaterra, Barcelona, España. Disponible en: <https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/TecnicasDiagnosticoCOVID19-ICN2.pdf>
- Hoffman, M., Weber, H. K., Schroeder, S., Krüger, N., Herrler, T., Erichsen, S., ... & Pöhlmann, S. (2020). SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell*, 181(2), 271-280. doi: [10.1016/j.cell.2020.02.052](https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.052)
- Holshue, M. L., DeBolt, C., Lindquist, S., Lofy, K. H., Wiesman, J., Bruce, H., ... & Pillai, S. K. (2020). First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United States. *The New England Journal of Medicine*, 382, 929-936. doi: [10.1056/NEJMoa2001191](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001191)
- Hsu, A., Isaacson, J., Brun, S., Bernstein, B., Lam, W., Bertz, R., ... & Sun, E. (2003). Pharmacokinetic-pharmacodynamic analysis of lopinavir-ritonavir in combination with efavirenz and two nucleoside reverse transcriptase inhibitors in extensively pretreated human immunodeficiency virus-infected patients. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 47(1), 350-359. doi: [10.1128/AAC.47.1.350-359.2003](https://doi.org/10.1128/AAC.47.1.350-359.2003)
- Jean, S. S., Lee, P. I., & Hsueh, P. R. (2020). Treatment options

- for COVID-19: The reality and challenges. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 53(3), 436–443. doi:[10.1016/j.jmii.2020.03.034](https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.03.034)
- Jolles, S., Sewell, W. A. C., C Misbah, S. A. (2005). Clinical uses of intravenous immunoglobulin. *Clinical and Experimental Immunology*, 142(1), 1-11. doi: [10.1111/j.1365-2249.2005.02834.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2249.2005.02834.x)
- Jorgensen, S. C., Kebriaei, R., & Dresser, L. D. (2020). Remdesivir: Review of pharmacology, pre-clinical data and emerging clinical experience for COVID-19. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 40(7), 659-671. doi: [10.1002/phar.2429](https://doi.org/10.1002/phar.2429)
- Kadam, R. U. & Wilson, I. A. (2016). Structural basis of influenza virus fusion inhibition by the antiviral drug Arbidol. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(2), 206–214. doi: [10.1073/pnas.1617020114](https://doi.org/10.1073/pnas.1617020114)
- Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital Infection*, 104(3), 246-251. doi: [10.1016/j.jhin.2020.01.022](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022)
- Kamps, B. S. & Hoffmann, C. (2020). COVID Reference. Steinhäuser Verlag, Alemania. Accesado 12 de junio de 2020. Disponible en: <https://covidreference.com>
- Khan, A., Benthin, C., Zeno, B., Albertson, T. E., Boyd, J., Christie, J. D., ... & Lazaar, A. L. (2017). A pilot clinical trial of recombinant human angiotensin-converting enzyme 2 in acute respiratory distress syndrome. *Critical Care*, 21, 234. doi: [10.1186/s13054-017-1823-x](https://doi.org/10.1186/s13054-017-1823-x)
- Ksiazek, T. G, Erdman, D., Goldsmith, C. S., Zaki, S. R., Peret, T., Emery, S. ... & Anderson, L. J. (2003). A Novel Coronavirus Associated with Severe Acute Respiratory Syndrome. *The New England Journal of Medicine*, 348, 1953-1966. doi: [10.1056/NEJMoa030781](https://doi.org/10.1056/NEJMoa030781)
- Kuba, K., Imai, Y., Ohto-Nakanishi, T., & Penninger, J. M. (2010) Trilogy of ACE2: A peptidase in the renin-angiotensin system, a SARS receptor, and a partner for amino acid transporters. *Pharmacology & Therapeutics*, 128(1), 119-128. doi: [10.1016/j.pharmthera.2010.06.003](https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2010.06.003)
- Laboratorio Centro de Diagnóstico Clínico (2020). Interpretación de los resultados de las pruebas moleculares y serológicas para COVID-19.
- Lai, C. C., Shih, T. P., Ko W. C., Tang, H. J., & Hsueh, P. R. (2020). Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and corona virus disease-2019 (COVID-19): the epidemic and the challenges. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 55(3), 105924. doi: [10.1016/j.ijantimicag.2020.105924](https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105924)
- Lauer, S. A., Grantz, K. H., Bi, Q., Jones, F. K., Zheng, Q., Meredith, H. R., ... & Lessler, J. (2020). The incubation period of coronavirus disease 2019 (COVID-19) from publicly reported confirmed cases: estimation and application. *Annals of Internal Medicine*, 172(9), 577-582. doi: [10.7326/M20-0504](https://doi.org/10.7326/M20-0504)
- Leung, W.K., To, K. F., Chan, P. K. S., Chan, H. L. Y., Wu, A. K. L., Lee, N., ... & Sung, J. J. Y. (2003). Enteric Involvement of Severe Acute Respiratory Syndrome-Associated Coronavirus Infection. *Gastroenterology*, 125(4), 1011-1017. doi: [10.1016/j.gastro.2003.08.001](https://doi.org/10.1016/j.gastro.2003.08.001)
- Li, F., Li, W., Farzan, M., & Harrison, S. C. (2005). Structure of SARS Coronavirus Spike Receptor-Binding Domain Complexed With Receptor. *Science*, 309(5742), 1864-1868. doi: [10.1126/science.1116480](https://doi.org/10.1126/science.1116480)
- Li, Z., Yi, Y., Luo, X., Xiong, N., Liu, Y., Li, S., ... & Ye, F. (2020). Development and clinical application of a rapid IgM-IgG combined antibody test for SARS-CoV-2 infection diagnosis. *Journal of Medical Virology*, 92(9), 1518-1524. doi: [10.1002/jmv.25727](https://doi.org/10.1002/jmv.25727)
- Luo, P., Liu, Y., Qiu, L., Liu, X., Liu, D., & Li, J. (2020). Tocilizumab treatment in COVID-19: A single center experience. *Journal of Medical Virology*, (92)7, 814–818. doi: [10.1002/jmv.25801](https://doi.org/10.1002/jmv.25801)
- Medina, M. T., & Moncada, S. S. (2020). Hydroxychloroquine/chloroquine as a treatment choice or prophylaxis for Covid-19 at the primary care level in developing countries: *A Primum non Nocere* dilemma. *Journal of Neurological Sciences*, 415, 116972. doi: [10.1016/j.jns.2020.116972](https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.116972)
- Microdacyn (2020) Microdacyn. Accesado el 18 de agosto de

2020. Disponible en: <https://microdacyn.com.mx/>
- Mulangu, S., Dodd, L. E., Davey Jr, R. T., Tshiani Mbay, O., Proschan, M., Mukadi, D., ... Muyembe-Tamfum, J. J. (2019). A randomized, controlled trial of Ebola virusdisease therapeutics. *The New England Journal of Medicine*, 381(24), 2293-2303. doi: [10.1056/NEJMoa1910993](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1910993)
- OMS (2020a). Coronavirus causante del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV). Accesado 19 de mayo de 2020. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/middle-east-respiratory-syndrome-coronavirus-\(mers-cov\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/middle-east-respiratory-syndrome-coronavirus-(mers-cov))
- OMS (2020b). Laboratory testing for 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) in suspected human cases. Interim guidance 19 March 2020. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/laboratory-testing-for-2019-novel-coronavirus-in-suspected-human-cases-20200117>
- OMS (2020c). Ensayo clínico “Solidaridad” sobre tratamientos contra la COVID-19. Accesado 1 de agosto de 2020. Disponible en: <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/global-research-on-novel-coronavirus-2019-ncov/solidarity-clinical-trial-for-covid-19-treatments>
- OPS/OMS (2020). Directrices provisionales de bioseguridad de laboratorio para el manejo y transporte de muestras asociadas al nuevo coronavirus 2019 (2019-nCoV). Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51896>
- Padhye, N. S. (2020). Reconstructed diagnostic sensitivity and specificity of the RT-PCR test for COVID-19. *medRxiv*. doi: [10.1101/2020.04.24.20078949](https://doi.org/10.1101/2020.04.24.20078949)
- Secretaria de Salud de Honduras. (2020a). Lineamientos para el manejo clínico ambulatorio de pacientes con COVID-19 según estadios de la enfermedad. Disponible en: <http://www.desastres.hn/COVID-19/SESAL-Atencion-Ambulatoria.COVID-19.pdf>
- Secretaria de Salud de Honduras (2020b). Protocolo de manejo clínico de pacientes adultos con covid-19 según estadios de la enfermedad en los distintos niveles de atención (primera versión). Disponible en: <https://covid19honduras.org/?q=protocolos>
- Secretaria de Salud de Honduras (2020c). Protocolo de manejo clínico de pacientes adultos con covid-19 según estadios de la enfermedad en los distintos niveles de atención (segunda versión). Disponible en: <http://www.salud.gob.hn/site/index.php/component/edocman/protocolo-de-manejo-clinico-del-paciente-adulto-con-covid-19-segun-las-etapas-de-la-enfermedad-en-las-redes-de-servicio-de-salud>
- Sheahan, T. P., Sims, A. C., Leist, S. R., Schäfer, A., Won, J., Brown, A. J., ... & Baric, R. S. (2020). Comparative therapeutic efficacy of remdesivir and combination lopinavir, ritonavir, andinterferon beta against MERS-CoV. *Nature Communications*, 11, 1-14. doi: [10.1038/s41467-019-13940-6](https://doi.org/10.1038/s41467-019-13940-6)
- Shereen, M. A., Khan, S., Kazmi, A., Bashir, N., & Siddique, R. (2020). COVID-19 infection: origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *Journal of Advanced Research*, 24, 91-98. doi: [10.1016/j.jare.2020.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.03.005)
- Shi, Z., & Hu, Z. (2008). A review of studies on animal reservoirs of the SARS coronavirus. *Virus Research*, 133(1), 74–87. doi: [10.1016/j.virusres.2007.03.012](https://doi.org/10.1016/j.virusres.2007.03.012)
- Skalny, A. V., Rink, L., Ajsuvakova, O. P., Aschner, M., Gritsenko, V. A., Alekseenko, S. I., ... & Tinkov, A. A. (2020). Zinc and respiratory tract infections: Perspectives for COVID-19 (Review). *International Journal of Molecular Medicine*, 46(1), 17-26. doi: [10.3892/ijmm.2020.4575](https://doi.org/10.3892/ijmm.2020.4575)
- Thachil, J. (2020). The versatile heparin in COVID-19. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 18(5), 1020–1022. doi: [10.1111/jth.14821](https://doi.org/10.1111/jth.14821)
- Tang, W., Cao, Z., Han, M., Wang, Z., Chen, J., Sun, W., ... & Xie, Q. (2020). Hydroxychloroquine in patients with mainly mild to moderate coronavirus disease 2019: open label, randomised controlled trial. *BMJ*, 369, m1849. doi: [10.1136/bmj.m1849](https://doi.org/10.1136/bmj.m1849)
- Tsioris, K., Gupta, N. T., Ogunniyi, A. O., Zimmisky, R. M. Qian, F., Yao, Y., ... & Love, C. (2015). Neutralizing antibodies against West Nile virus identified directly from human B cells by single-cell analysis and next generation sequencing. *Integrative Biology*, 7(12), 1587-1597. doi: [10.1039/c5ib00169b](https://doi.org/10.1039/c5ib00169b)

- Tu, Y. F., Chien, C. S., Yarmishyn, A. A., Lin, Y. Y., Luo, Y. H., Lin, Y., ... & Chiou, S. H. (2020). A review of SARS-CoV-2 and the ongoing clinical trials. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(7), 2657. doi: [10.3390/ijms21072657](https://doi.org/10.3390/ijms21072657)
- van Doremalen, Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., Tamin, A., ... & de Wit, E. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *The New England Journal of Medicine*, 382, 1564-1567. doi: [10.1056/NEJMc2004973](https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973)
- Vargesson, N. (2015). Thalidomide-induced teratogenesis: History and mechanisms. *Birth Defects Research Part C: Embryo Today: Reviews*, 105(2), 140-156. doi: [10.1002/bdrc.21096](https://doi.org/10.1002/bdrc.21096)
- Vincent, M. J., Bergeron, E., Benjannet, S., Erickson, B. R., Rollin, P. E., Ksiazek, T. G., ... & Nichol, S. T. (2005). Chloroquine is a potent inhibitor of SARS coronavirus infection and spread. *Virology Journal*, 2, 69. doi: [10.1186/1743-422X-2-69](https://doi.org/10.1186/1743-422X-2-69)
- Voiriot, G., Razazi, K., Amsellem, V., Van Nhieu, J. T., Abid, S., Adnot, S., ... & Maitre, B. (2017). Interleukin-6 displays lung anti-inflammatory properties and exerts protective hemodynamic effects in a double-hit murine acute lung injury. *Respiratory Research*, 18, 64. doi: [10.1186/s12931-017-0553-6](https://doi.org/10.1186/s12931-017-0553-6)
- Wagstaff, K. M., Sivakumaran, H., Heaton, S. M., Harrich, D., & Jans, D. A. (2012). Ivermectin is a specific inhibitor of importin alpha/beta-mediated nuclear import able to inhibit replication of HIV-1 and dengue virus. *Biochemical Journal*, 443(3), 851-856. doi: [10.1042/BJ20120150](https://doi.org/10.1042/BJ20120150)
- Wan, Z., Zhang, Y. N., He, Z., Liu, J., Lan, K., Hu, Y., & Zhang, C. (2016). A melting curve-based multiplex RTqPCR assay for simultaneous detection of four human coronaviruses. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(11), 1880. doi: [10.3390/ijms17111880](https://doi.org/10.3390/ijms17111880)
- Wang, Y., Jiang, W., He Q., Wang, C., Wang, B., Zhou, P., ... & Tong, Q. (2020a). A retrospective cohort study of methylprednisolone therapy in severe patients with COVID-19 pneumonia. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 5, 57. doi: [10.1038/s41392-020-0158-2](https://doi.org/10.1038/s41392-020-0158-2)
- Wang, M., Cao, R., Zhang, L., Yang, X., Liu, J., Xu, M., ... & Xiao, G. (2020b). Remdesivir and chloroquine effectively inhibit the recently emerged novel coronavirus (2019-nCoV) in vitro. *Cell Research*, 30, 269-271. doi: [10.1038/s41422-020-0282-0](https://doi.org/10.1038/s41422-020-0282-0)
- Wise, J. (2020). Covid-19: Study reveals six clusters of symptoms that could be used as a clinical prediction tool. *BMJ*, 370, m2911. doi: [10.1136/bmj.m2911](https://doi.org/10.1136/bmj.m2911)
- Zhang, J., Ma, X., Yu, F., Liu, J., Zou, F., Pan, T., & Zhang, H. (2020a). Teicoplanin potently blocks the cell entry of 2019-nCoV. *bioRxiv*. doi: [10.1101/2020.02.05.935387](https://doi.org/10.1101/2020.02.05.935387)
- Zhang, W., Zhao, Y., Zhang, F., Wang, Q., Li, T., Liu, Z., ... & Zhang, S. (2020b). The use of anti-inflammatory drugs in the treatment of people with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19): The Perspectives of clinical immunologists from China. *Clinical Immunology*, 214, 108393. doi: [10.1016/j.clim.2020.108393](https://doi.org/10.1016/j.clim.2020.108393)
- Zhong N. S., Zheng, B. J., Li, Y. M., Poon, L. L. M., Xie, Z. H., Chan, K. H., & Guan, D. Y. (2003). Epidemiology and cause of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Guangdong, People's Republic of China, in February, 2003. *The Lancet*, 362(9393), 1353-1358. doi: [10.1016/s0140-6736\(03\)14630-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(03)14630-2)



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

No.25 / Año 2020

REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica
Universidad Nacional Autónoma de Honduras



DICIHT
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA

ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del *Penaeus vannamei* con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal

Assessment of the oxygen consumption rate of the *Penaeus vannamei* with respect to salinity, temperature and body weight

Édgar Osiris Carranza^a

a Departamento de Acuicultura y Biología Marina, Centro Universitario Regional del Litoral Pacífico, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Choluteca, Honduras

DOI 10.5377/rct.v13i25.10412

Recibido: 17 febrero 2020

Aceptado: 03 de agosto 2020

Publicado en línea: 23 noviembre 2020

RESUMEN

El oxígeno disuelto (OD) es el parámetro de mayor importancia en acuicultura. En el cultivo del camarón, una baja solubilidad de oxígeno afecta el crecimiento y la salud de los organismos. La disponibilidad del OD depende de la respiración del fondo del estanque, el fitoplancton y el cultivo. El objetivo del estudio fue determinar el consumo de oxígeno del camarón en las salinidades de 4, 12, 22 y 32 UPS, las temperaturas de 28 y 31°C, y en los pesos de 4, 6, 8, 10, 12 y 14 g. Se registró la concentración inicial de OD a los 10, 20, 30 y 40 minutos para obtener el consumo relativo (Cr) de OD, consumo absoluto (CA) según el tiempo de exposición y el consumo porcentual (CP). Se manejó un diseño factorial de 6 x 4 x 6 x 2 y la prueba Tukey para la comparación de medias. El mayor consumo de oxígeno se observó en las salinidades de 32 UPS ($P < 0.0001$) y a 31°C ($P < 0.0002$). Los organismos de 14 y 12 g de peso fueron los que consumieron más OD ($P < 0.0001$); a los primeros 10 minutos, los camarones llegan a un CP mayor del 40 % de OD disponible.

La temperatura y la salinidad influyen en la tasa de respiración; también, los organismos de mayor tamaño tienen más demandas energéticas y Cr de OD.

Palabras clave: metabolismo, oxígeno disuelto, salinidad, tasa de respiración

ABSTRACT

Dissolved oxygen (DO) is the most important parameter in aquaculture. In shrimp farming, low oxygen solubility affects growth and health of organisms. The availability of DO depends on pond bottom respiration, phytoplankton and culture. The objective of the study was to determine the oxygen consumption of shrimp in the salinity of 4, 12, 22 and 32 UPS, temperatures of 28 and 31°C, and in the weights of 4, 6, 8, 10, 12 and 14 g. The concentration of OD was recorded at 10, 20, 30 and 40 minutes to obtain the relative consumption (Cr) of OD, absolute consumption (AC) according to exposure time and percentage consumption (PC). A 6 x 4 x 6

Autor correspondiente

✉ Édgar Osiris Carranza
edgar.carranza@unah.edu.hn

x 2 factorial design and the Tukey test of means were used. The highest oxygen consumption was observed at salinities of 32 UPS ($P < 0.0001$) and at 31°C ($P < 0.0002$). Organisms weighing 14 and 12 g were those that consumed the most OD ($P < 0.0001$); within the first 10 minutes, the shrimps reached a CP greater than 40 % of available OD. Temperature and salinity influence the breathing rate; also, larger organisms have more energy and Cr demands of OD.

Keywords: metabolism, dissolved oxygen, salinity, respiration rate

1. INTRODUCCIÓN

En Honduras, la acuicultura es una actividad económica importante, siendo la región del Golfo de Fonseca en donde se desarrolla el rubro del camarón. El área de cultivo comprende 22,748 hectáreas de espejo de agua, manteniendo en producción 20,240 hectáreas y distribuidas en 404 proyectos camaroneros entre productores artesanales, pequeños, medianos y grandes corporaciones (FIDE 2017). Las exportaciones se mantienen anualmente en constante crecimiento, debido al mejoramiento de las técnicas en el sistema de cultivo, lo que permite generar alrededor de 216 millones de dólares anuales en divisas para el país (Rodríguez 2019). Esta actividad ha tenido un impacto económico y social para el desarrollo en la región. Desde los inicios de la camaronicultura, el sistema de producción semi-intensivo es el que más se desarrolla en las granjas de cultivo, siendo un desafío para los productores el manejo de la calidad de agua y la concentración de oxígeno.

El oxígeno disuelto (OD) es uno de los factores más importantes en la calidad de agua en acuicultura. En el cultivo del camarón, una baja concentración de oxígeno afecta el crecimiento y la salud de los organismos (Supriatna et al. 2017). La concentración

del oxígeno depende de propiedades físicas, químicas y bioquímicas del cuerpo de agua. Cuando se presenta una baja concentración de OD, se altera la calidad de agua, llegando a provocar una baja conversión alimenticia y altas mortalidades (Galand et al. 2019). Para un acuicultor, es importante manejar adecuadamente la calidad de agua y la forma de ingresar oxígeno al estanque.

Las fuentes que proveen OD son la fotosíntesis, la difusión del oxígeno atmosférico en la superficie del agua, el recambio de agua y el uso de aireadores mecánicos. De estos, el recambio y la incorporación de aireadores son utilizados en forma preventiva o correctiva en la producción acuícola para cumplir con la demanda de OD de la columna de agua (Boyd 1998). El oxígeno se incrementa durante el día por el proceso natural de la fotosíntesis, llegando hasta la concentración de 14 mg/L en las horas de mayor radiación solar, pero durante la noche, el OD baja por el proceso de la respiración del estanque.

El OD regula procesos bioquímicos de la calidad del agua como la nitrificación catiónica, la desnitrificación y la degradación de la materia orgánica. La disponibilidad de OD en el estanque también depende de la tasa de respiración de los organismos acuáticos, las bacterias aeróbicas y la materia orgánica durante el proceso de descomposición e incorporación de nutrientes en el fondo (Carranza 2018). Entre el 50 y 55 % del OD disponible es consumido por la respiración del fondo, seguido por el fitoplancton que utiliza entre el 40 al 45 %, y la respiración del cultivo que consume el 5 % del OD (Boyd y Tucker 1992). La tasa de consumo del OD en los camarones depende de factores ambientales y su peso.

Los factores ambientales, como la temperatura y la salinidad, influyen para que se presente mayor variabilidad en el consumo de oxígeno por los camarones (Valenzuela-Quiónes et al. 2011) e influye en los procesos biológicos, mientras que la

salinidad incide en la demanda osmorregulatoria del camarón (Yan et al. 2007). La concentración del oxígeno se reduce al aumentar la salinidad y la temperatura del agua, y estos factores combinados pueden reducir la concentración del OD hasta en un 65 % (Boyd 2014). En acuicultura, se debe conocer la capacidad de respiración del estanque y sobre todo de los camarones, para proveer la cantidad adecuada de oxígeno al presentarse episodios de hipoxia o anoxia.

El peso del camarón es un factor que influye en el consumo de OD. En animales de menor tamaño, el consumo es mayor porque demandan una mayor cantidad de energía para el desarrollo de sus procesos metabólicos (Suárez Álvarez y Oquendo Pérez 2012). El objetivo del estudio consistió en determinar el consumo de oxígeno del camarón en las salinidades de 4, 12, 22 y 32 UPS, temperaturas entre 27 y 31°C, y en los pesos de 4, 6, 8, 10, 12 y 14 g, para estimar los requerimientos de oxígeno bajo diferentes condiciones de salinidad, temperatura y peso.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el laboratorio húmedo del Centro Universitario Regional del Litoral Pacífico (CURLP) ubicado en la ciudad de Choluteca, en el sur de Honduras, bajo condiciones de manejo controladas. Se utilizaron 288 camarones con pesos de 4, 6, 8, 10, 12, y 14 g, distribuidos en 48 animales por peso. Estos fueron obtenidos de una finca de cultivo ubicada a 46 km al sur oeste del CURLP y se transportaron en un tanque de 1 m³ con aireación constante. Al llegar al laboratorio húmedo, los camarones se mantuvieron en un período de adaptación por 72 horas antes de iniciar el proceso de aclimatación, en un tanque de 5 m³. Para mantener la calidad de agua, cada 96 horas se realizó un recambio total y se utilizó agua marina filtrada tratada en un laboratorio de producción de postlarva. Diariamente, se alimentó con una dieta balanceada al

35 % de proteína aplicada a la razón del 3 % del peso vivo y distribuida en tres raciones durante el día.

2.1 Diseño del experimento

Para observar el consumo de oxígeno, se manejaron 36 recipientes cilíndricos de polietileno transparentes con cierre hermético y de boca ancha con 1 litro de capacidad. Estos se pintaron externamente de color negro con el propósito de impedir el ingreso de la luz, evitando la fotosíntesis. Se colocaron dos recipientes por tubo en 18 tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 1.2 m de longitud y 0.25 m de diámetro, sujetos con alambre de amarre a la mitad de la altura del tubo PVC a 0.6 m del piso.

Cada recipiente se llenó con un litro de agua marina filtrada a la salinidad que estaban los camarones, y se colocó un camarón por recipiente. Una vez llenos, los recipientes se cerraron herméticamente para sumergirlos junto con el tubo de PVC en un tanque circular de geomembrana con 1.3 m de altura y 5 m³ de volumen, registrando cada 10 minutos el consumo de oxígeno disuelto hasta llegar a los 40 minutos. Los camarones, después de finalizada la prueba, fueron sacrificados.

De los 36 recipientes utilizados, se depositaron en ellos camarones con los pesos de 4, 6, 8, 10, 12 y 14 g, manejando seis repeticiones por cada peso. Para evaluar el efecto de la temperatura, también se registró el consumo de oxígeno a las 2:00 pm, por estar dentro de las horas de mayor radiación solar y temperatura; a esa hora, la temperatura promedio fue de 31 °C y por la noche, a las 9 pm, fue de 27 °C. Para observar el efecto de la salinidad, se manejaron las concentraciones de 4, 12, 22 y 32 unidades prácticas de sal (UPS). En cada concentración de salinidad, se usaron 72 camarones distribuidos en los seis tamaños, tres repeticiones y dos temperaturas (31 y 27 °C).

2.2 Intervenciones

Inicialmente, los camarones se encontraron a 4 UPS y gradualmente se incrementó 1 UPS por día. Para aumentar la salinidad de 4 a 12 UPS, este proceso de aclimatación se realizó durante 8 días; al noveno día, se recolectaron los animales necesarios para hacer las mediciones de OD en los recipientes. Con los camarones restantes, se incrementó progresivamente la salinidad de 12 a 22 UPS durante 10 días continuos; al onceavo día, se registraron nuevas mediciones con otro grupo de 72 camarones de OD, y para observar el consumo de OD a 32 UPS se manejó el mismo procedimiento anterior con los camarones restantes. Durante todo este proceso, no se registraron mortalidades.

El consumo de oxígeno de los camarones se midió por medio de un medidor de oxígeno de la marca YSI550A que despliega simultáneamente temperatura en el rango de -5 a 45 °C, OD entre 0 y 20 mg/L y el porcentaje de saturación de aire de 0 a 200 %, contando con un sensor polarográfico no desmontable y calibrado a las condiciones ambientales de la zona (YSI 2002). Se registró la concentración inicial de OD de los recipientes y a los 10, 20, 30 y 40 minutos de exposición dentro del tanque; con esta información, se obtuvo el consumo relativo (Cr) de OD, consumo absoluto (CA) según el tiempo de exposición y el consumo porcentual (CP). Para el consumo de oxígeno, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$Cr = OD_{inicial} - OD_{final} \quad (1)$$

$$CA = Cr + N \quad (2)$$

$$CP = \frac{Cr}{CA_{total}} \quad (3)$$

Donde N es el Cr anterior del tiempo de exposición.

2.3 Análisis estadísticos

Se utilizó un diseño factorial de 6 x 4 x 6 x 2 para encontrar diferencias estadísticas en el consumo relativo de oxígeno de los camarones sometidos a las combinaciones de las cuatro salinidades, los seis pesos corporales, y la temperatura. De igual manera, se manejó este mismo diseño para el consumo absoluto y consumo porcentual de oxígeno. Los valores porcentuales transformados se obtuvieron mediante la expresión:

$$y = \arcsen \sqrt{x / 100} \quad (4)$$

En la comparación múltiple de medias, se usó la prueba Tukey al 0.05 de nivel de significancia. Todos estos análisis fueron realizados con el programa estadístico Infostat®2018.

3. RESULTADOS

3.1 Consumo relativo de OD

Se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.0001$) en el consumo de oxígeno de los camarones a los 10, 20, 30 y 40 minutos de exposición sin una fuente de aireación exógena. Se encontraron también diferencias significativas en el oxígeno consumido en las cuatro combinaciones de salinidad ($P < 0.0001$) y en el consumo del oxígeno influenciado por la temperatura ($P < 0.0002$). En las salinidades, se observó el mayor consumo a los 10 minutos en los camarones que estuvieron a 32 UPS con 2.31 mg/L de OD. Este valor fue estadísticamente diferente al consumo que mostraron los camarones a 4 UPS con 1.43 mg/L. A los 40 minutos de respiración, el consumo de oxígeno se redujo a 0.33 mg/L en los organismos a 32 UPS, y a 0.22 mg/L en los que estuvieron a 4 UPS. En general, el oxígeno consumido en promedio después de los 40 minutos fue de 3.16 mg/L para la salinidad de 4 UPS, 3.28 mg/L en 12 UPS, 3.53 mg/L en 22 UPS y 3.71

mg/L para los organismos que estuvieron a 32 UPS.

Durante el día, la temperatura del agua fue 4 °C mayor que por la noche y se reflejó en el consumo del OD en los camarones. A los 10 minutos, el OD consumido a 31 °C fue de 1.84 mg/L y a 27 °C este valor fue de 1.36 mg/L. A los 40 minutos, se observó que a 31 °C, el OD consumido fue de 0.28 mg/L y a 27 °C, el oxígeno consumido fue de 0.43 mg/L. El mayor consumo ocurrió en los primeros minutos; al llegar a los 40 minutos, la cantidad disponible de OD en el medio fue la que se observó en el consumo de los camarones.

En los pesos de los camarones, se encontraron diferencias ($P < 0.0001$). Los que más consumieron oxígeno en los primeros 10 minutos fueron los de 14 gramos de peso, seguido por los de 4 y 6 gramos (Fig. 1). Pero este consumo se reduce al incrementar el tiempo a 20, 30 y 40 minutos.

Los organismos de 4 g, a los 10 minutos respiraron 1.85 mg/L de OD y finalizaron con 0.22 mg/L a los 40 minutos, siendo este valor acumulado de 3.19 mg/L. En los camarones de 8 y 10 g, se observó un consumo inicial de 1.66 y 1.73 mg/L a los 10 minutos, llegando a los 40 minutos a 0.37 y 0.34 mg/L de oxígeno, respectivamente. En los organismos de 12 y 14 g, a los 10 minutos la respiración del oxígeno fue de 1.76 y 2.05 mg/L y a los 40 minutos, este consumo llegó a 0.44 y 0.33 mg/L; la respiración del oxígeno en total llegó a 3.91 y 3.76 mg/L después de los 40 minutos.

3.2 Consumo absoluto de OD

El consumo absoluto corresponde al consumo del oxígeno después de 10, 20, 30 y 40 minutos de respiración. En las combinaciones de salinidad y temperaturas, se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.0001$). Al igual que en el consumo relativo de

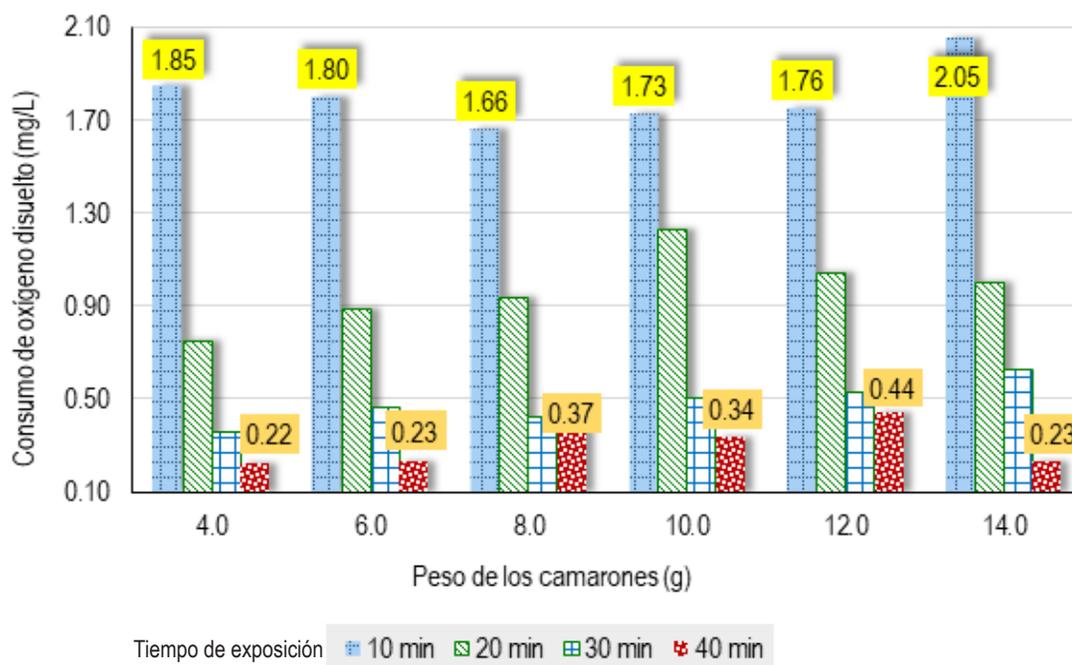


Fig. 1 Consumo individual de OD en camarones con pesos de 4, 6, 8, 10, 12 y 14 g manejados a 10, 20, 30 y 40 min expuestos a un medio en ausencia de aireación externa

OD, la temperatura y la concentración de salinidad influye en el consumo de OD. Los camarones que estuvieron en el medio a 32 UPS a los 10 minutos, el OD respirado fue de 2.31 mg/L y se incrementó a 3.71 mg/L a los 40 minutos; en cambio, los organismos a 4 UPS a los 10 minutos, el consumo de OD fue de 1.43 mg/L y finalizó en 3.16 mg/L.

Al comparar el consumo absoluto de OD según las combinaciones de los pesos de los camarones, también se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.0001$). Los camarones que mostraron el mayor consumo de OD fueron los que tuvieron pesos de 14 gramos, seguido por los camarones de 10 y 12 gramos (Fig. 2). A los 10 minutos, se observó un consumo inicial entre 1.76 y 2.5 mg/L en las seis combinaciones de pesos. A los 20 minutos, el consumo, por ser acumulado, se incrementó entre 2.6 y 3.05 mg/L. A los 30 minutos, el consumo fue entre 2.96 y 3.67 mg/L, y a los 40 minutos, el consumo final en promedio fue entre 3.18 y 3.91 mg/L.

3.3 Consumo porcentual de OD

En el consumo porcentual, se encontraron diferencias significativas en las combinaciones de salinidad ($P < 0.0001$), temperatura ($P < 0.00001$) y los pesos de los camarones ($P < 0.0002$), presentando similar comportamiento al consumo absoluto de OD. En los camarones de 14 g, se observó el consumo del 98 % del OD después de los 40 minutos de respiración. En los de 12 g, este valor fue del 94 %, al igual que los organismos de 10 g. En los camarones con pesos de 6 y 8 g, se observó que el consumo de OD fue del 85 %, y con los de 4 g llegó al 80 %. Porcentualmente, la mayor tasa de respiración ocurre en los primeros 10 minutos consumiendo entre el 46 y 51 % de OD disponible en el cuerpo de agua (Fig. 3), y este consumo se incrementa al aumentar el tiempo de respiración hasta llegar a valores críticos que producen la muerte en los organismos.

A los 20 minutos de respiración, el OD consumido fue entre el 19 y 25%, a los 30 minutos el consumo de oxígeno observado fue entre el 9 y 14 %, y a los

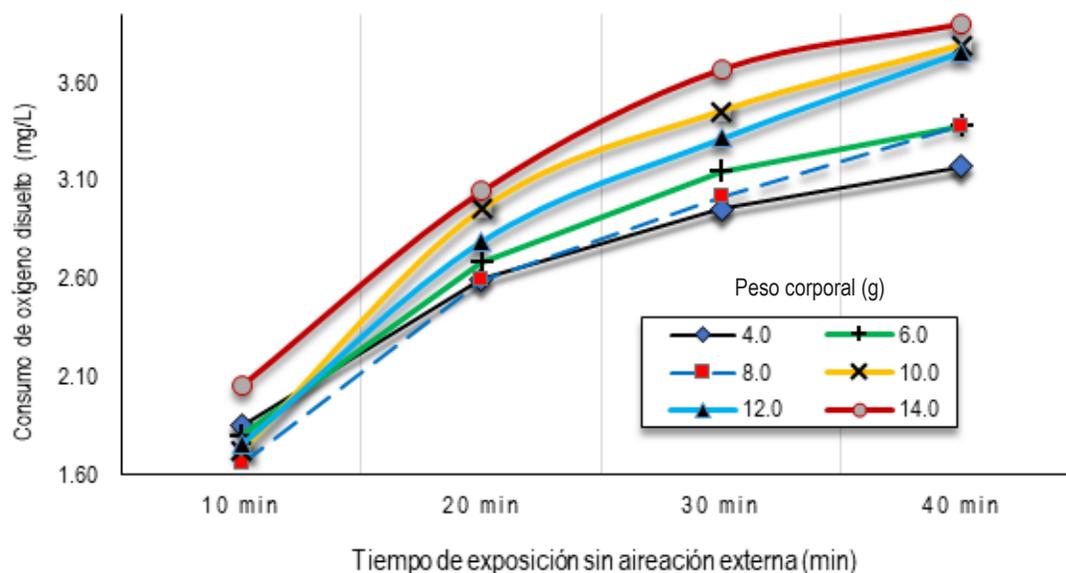


Fig. 2 Consumo acumulado de OD en camarones con pesos de 4, 6, 8, 10, 12 y 14 g manejados a 10, 20, 30 y 40 min puestos a un medio en ausencia de aireación externa

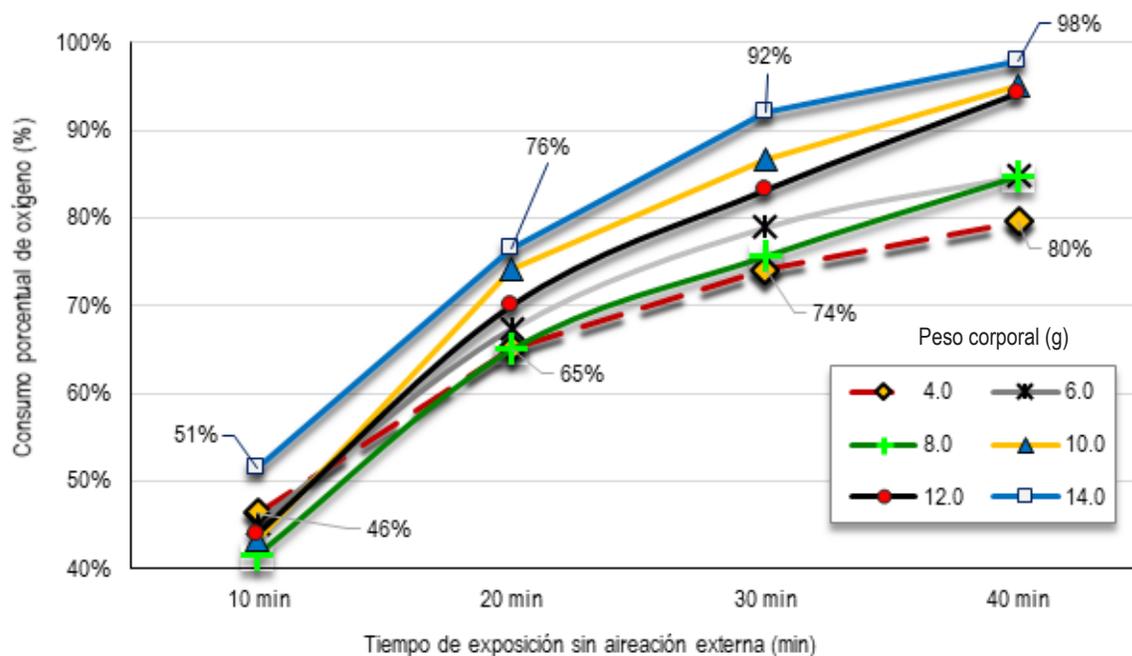


Fig. 3 Consumo en porcentaje de OD en camarones con pesos de 4, 6, 8, 10, 12 y 14 g manejados a 10, 20, 30 y 40 min expuestos a un medio en ausencia de aireación externa

40 minutos la respiración fue entre el 6 y 7 %. Al incrementar los minutos de respiración, la cantidad de OD se reduce porque baja la disponibilidad del oxígeno en el medio y los organismos disminuyen su metabolismo. En general, los organismos de mayor salinidad, mayor temperatura y peso fueron los que en forma acumulada consumieron casi todo el OD disponible.

4. DISCUSIÓN

Se observó un mayor consumo de OD en los camarones que fueron manejados a 31 °C. Esto se debe a que la temperatura acelera el metabolismo y la tasa de respiración (Suárez Álvarez y Oquendo Pérez 2012). Influye también la disponibilidad del OD, ya que al incrementar la temperatura, la concentración del OD disminuye (Boyd 1990). La máxima concentración de OD que se puede encontrar en el agua es de 14.7

mg/L, pero depende del contacto del agua con el aire, la saturación de vapor de agua en el aire, factores ambientales como la presión barométrica a diferentes altitudes, la salinidad y la temperatura (Boyd 2014).

La concentración de la salinidad afecta la tasa de respiración. En salinidades más bajas, existe un menor consumo de oxígeno debido a que el proceso metabólico se reduce al igual que la osmorregulación, demandando un menor consumo energético (Tabla 1). En general, la tasa de respiración está relacionada directamente proporcional a la temperatura y la salinidad. Ponce et al. (2013) encontraron que estos organismos tienen la capacidad de adaptar su tasa de respiración a los cambios de temperatura y salinidad.

El peso de los camarones también es un factor que influye en el consumo de OD. En organismos con un menor peso, el consumo de OD es menor en comparación con los organismos de mayor tamaño (Tabla 1), a pesar de que la tasa metabólica es más

Tabla 1 Consumo promedio de oxígeno disuelto en mg/L de camarones manejados a diferentes pesos y salinidades durante cuatro tiempos de exposición sin aireación externa

Peso (g)	Salinidad (g/L)	Tiempo (min)				\bar{X}
		10	20	30	40	
4	4	1.36	0.62	0.43	0.14	0.79
6		1.35	0.91	0.44	0.16	
8		1.29	1.40	0.47	0.20	
10		1.45	1.24	0.45	0.24	
12		1.56	0.90	0.53	0.27	
14		1.54	1.12	0.57	0.33	
$\bar{X} \pm S$		1.43 ± 0.11	1.03 ± 0.28	0.48 ± 0.06	0.22 ± 0.07	
4	12	1.31	0.59	0.25	0.33	0.82
6		1.35	1.13	0.55	0.19	
8		1.65	0.84	0.24	0.54	
10		1.91	0.83	0.44	0.46	
12		1.14	1.11	0.66	0.50	
14		2.31	0.75	0.45	0.14	
$\bar{X} \pm S$		1.61 ± 0.44	0.88 ± 0.21	0.43 ± 0.17	0.36 ± 0.17	
4	22	2.37	0.89	0.38	0.20	0.88
6		2.19	0.83	0.34	0.33	
8		1.38	0.76	0.51	0.30	
10		1.35	1.34	0.70	0.30	
12		2.33	1.36	0.40	0.55	
14		1.68	0.33	0.20	0.16	
$\bar{X} \pm S$		1.88 ± 0.47	0.92 ± 0.39	0.42 ± 0.17	0.31 ± 0.14	
4	32	2.36	0.89	0.37	0.21	0.92
6		2.32	0.66	0.53	0.25	
8		2.32	0.73	0.48	0.42	
10		2.20	0.50	0.41	0.34	
12		1.99	0.78	0.51	0.45	
14		2.68	0.33	0.22	0.30	
$\bar{X} \pm S$		2.31 ± 0.23	0.65 ± 0.20	0.42 ± 0.12	0.33 ± 0.09	
Total		1.81 ± 0.47	0.87 ± 0.30	0.44 ± 0.13	0.30 ± 0.13	

acelerada en animales de menor peso (Suárez Álvarez y Oquendo Pérez 2012). El mayor consumo de OD se observó en los primeros 10 minutos en todos los pesos de los camarones, aumentando este consumo al incrementar la salinidad. A medida que se incrementó el tiempo de exposición de 10 a 20 min sin contar con una fuente externa de oxígeno, el consumo se redujo de 1.81 a 0.87 mg/L, y de los 30 a 40 minutos, los valores de consumo encontrados en promedio fueron de 0.44 y 0.30 mg/L de oxígeno, respectivamente. El consumo de OD es una respuesta fisiológica relacionada con el ambiente. La tasa de respiración está vinculada con el metabolismo y el flujo de energía que los camarones regulan hacia los mecanismos de control homeostático (Salvato et al. 2001).

En la acuicultura, se puede cuantificar la tasa de respiración de la columna de agua de un estanque, siendo los mayores consumidores del OD la respiración del fondo y el fitoplancton, y, en menor proporción, el cultivo. Durante un ciclo de producción, las exposiciones a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto normalmente son provocadas por tener unidades productivas con poca profundidad, la sobrealimentación, el exceso de materia orgánica y una alta productividad primaria. La hipoxia, que es la baja concentración de OD, afecta la conducta y fisiología del camarón (Ulaje Fernández 2014). Cuando la disponibilidad del oxígeno en el cuerpo de agua es menor de 2 mg/L, los organismos presentan un estrés fisiológico, inapetencia, susceptibilidad a enfermedades, rechazo del alimento, y mortalidades al mantener esta concentración por algunas horas (Ron y Espinoza 2019).

El rango óptimo de OD que un productor debería manejar es entre 4 a 7 mg/L de oxígeno. Cuando se disminuye estas concentraciones, el camarón gasta más energía al transferir más agua por las branquias (Puente Carreón 2009). Al tener concentraciones de 2 a 3.9 mg/L de OD, el camarón presenta estrés

fisiológico, rechazo del alimento, susceptibilidad a enfermedades, lento crecimiento y baja conversión alimenticia (Ron y Espinoza 2019).

Nonwachai et al. (2011) encontraron que camarones mantenidos a concentraciones inferiores a 2 mg/L de oxígeno durante 60 días tuvieron un 56 % de sobrevivencia, menor contenido de hemocianina en la hemolinfa y un 26 % de sobrevivencia al ser sometidos en pruebas de desafío con *Vibrio harveyi*, en comparación con organismos mantenidos a 4 mg/L que tuvieron 92 % de sobrevivencia, mayor concentración de hemocianina y un 57 % de sobrevivencia en pruebas de desafío con *Vibrio harveyi*.

En un estanque de cultivo que no cuenta con el oxígeno que demanda el cuerpo de agua, la tasa de respiración y el metabolismo en los camarones disminuye. En los primeros 20 minutos, consume el 50 % del oxígeno; a los 40 minutos, se consumen hasta el 92 % del oxígeno disponible. Al aumentar el tiempo sin una fuente de oxígeno, la tasa de respiración y el metabolismo baja hasta llegar a niveles críticos que les provoca la muerte. Por esa razón, es importante manejar adecuadamente la tasa de saturación del oxígeno en el cuerpo de agua.

5. CONCLUSIONES

El mayor consumo de oxígeno se observó en los camarones en salinidades de 32 UPS ($P < 0.0001$), mientras que los organismos que estuvieron a salinidades menores presentaron una menor demanda de oxígeno y la tasa de respiración se redujo, al igual que el proceso osmorregulatorio y consumo energético.

Los organismos expuestos a 31 °C tuvieron un mayor consumo de OD ($P < 0.0002$) con 3.44 mg/L de oxígeno. A los 27 °C, este fue de 3.17 mg/L. Al igual que la salinidad, la temperatura es un factor ambiental que influye en la tasa de respiración y el metabolismo. Los camarones tienen la habilidad de adaptación a los cambios de temperatura y salinidad.

El peso de los camarones influyó en el consumo de OD ($P < 0.0001$). A los 40 minutos, en los organismos de 14 y 12 g, la cantidad de oxígeno consumido fue de 3.76 y 3.91 mg/L, respectivamente; en los camarones de 4 y 6 g mg/L, el consumo fue de 3.18 y 3.38 mg/L, respectivamente. Organismos de mayor peso mostraron una mayor tasa de respiración. La demanda energética para sus procesos metabólicos fue mayor con relación a los camarones de menor tamaño.

En general, a los 10 minutos de exposición sin una fuente externa de oxígeno, los camarones utilizaron la mayor cantidad de OD disponible. Al aumentar el tiempo, la tasa de respiración y el metabolismo se redujo hasta llegar a la muerte. En promedio, se observó que a los 10, 20, 30 y 40 minutos sin oxígeno en el medio, la cantidad consumida de OD fue de 1.81 a 0.87, 0.44 y 0.30 mg/L de oxígeno, respectivamente. En valores porcentuales, se encontró que a los 20 minutos, los camarones consumieron el 52 % del oxígeno disponible, a los 30 minutos el 75.7 % y a los 40 minutos el 83.2 % del OD disponible.

La cantidad de OD que debe mantenerse en el cultivo del camarón es entre 7 y 4 mg/L. Al reducir la disponibilidad del OD, los camarones gastan hasta el 25 % de su energía para mantener sus procesos homeostáticos, son vulnerables a enfermarse, la tasa de conversión alimenticia es alterada, desarrollan una baja ganancia de peso y presentan estrés fisiológico. Cuando existen muy bajas concentraciones de OD, los organismos rechazan el alimento, son más expuestos al ataque de enfermedades y se presentan mortalidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boyd, C. E. (1990). *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama.
- Boyd, C. E. (1998). Pond water aeration systems. *Aquacultural Engineering*, 18(1), 9-40. doi: [10.1016/S0144-8609\(98\)00019-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00019-3)

- Boyd, C. E. (2014). *Water Quality An Introduction* (2° ed.). Auburn, Alabama, USA: Springer International Publishing Switzerland 2000. doi: [10.1007/978-3-319-17446-4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17446-4)
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1992). *Water quality and pond soil analysis for aquaculture*. Auburn, Alabama, USA: Department of Fisheries and Allied Aquaculture, Auburn University.
- Carranza, E. O. (2018). Manual de producción de fincas: para mejorar la competitividad en el cultivo del camarón. (Funder, Ed.) Tegucigalpa, Francisco Morazán, Honduras.
- FIDE (2017). *Fundación para la inversión y desarrollo de exportaciones*. (F. División de promoción de exportación, Ed.) Recuperado el junio de 2019, de Camarón, ficha N.º8, mercado Unión Europea. Disponible en: <http://fidehonduras.com/wp-content/uploads/2018/03/FICHA-No.-8-Camaron-FIDE-2017.pdf>
- Galand, D. P., Ashari, A. K., Sulmatiw, L., Mahasri, G., & Sari, L. A. (2019). The oxygen content and dissolved oxygen consumption level of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the nanobubble cultivation system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236(1), 012014. doi: [10.1088/1755-1315/236/1/012014](https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012014)
- Nonwachai, T., Purivirojku, W., Chuchird, N., & Limsuwan, C. (2011). Effects of dissolved oxygens levels on growth, survival and immune response of juvenile pacific white shrimp. *Journal of Fisheries and Environment*, 35(3), 1-10
- Ponce-Palafox, J. T., Ulloa García, M., Ruíz Luna, A., & Esparza Leal, H. (2013). A response-surface analysis of the relative importance of the temperature, salinity and body weight on the respiratory metabolism of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 46(6), 399-417. doi: [10.1080/10236244.2013.849058](https://doi.org/10.1080/10236244.2013.849058)
- Puente Carreón, E. (2009). *Repuesta fisiológica de juveniles de camarón blanco Litopenaeus vannamei, a condiciones oscilantes de oxígeno disuelto y temperatura* (Tesis doctoral). Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California, México
- Rodríguez, L. (2019). La exportación de camarón aumenta 6 millones de dólares. (PUBLYNESA, Ed.) *El Heraldo*. Obtenido

- de: <https://www.elheraldo.hn/economia/1271296-466/la-exportacion-de-camaron-aumenta-6-millones-de-dolares>
- Ron, E., & Espinoza, C. (2019). Oxígeno disuelto y porcentaje de saturación: su importancia para el manejo eficiente de la aireación. (Nicovita, Ed.) Lima, Perú. Recuperado noviembre de 2019
- Salvato, B., Cuomo, V., Muro, P. D., & Beltramini, M. (2001). Effects of environmental parameters on the oxygen consumption of four marine invertebrates: a comparative factorial study. *Marine Biology*, 138(4), 659-668. doi:10.1007/s002270000501
- Suárez Álvarez, G., & Oquendo Pérez, O. (2012). Consumo de oxígeno y punto crítico en langostas *Panulirus*. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(3)
- Supriatna, Marsoedi, Hariati, A. M., & Mahmudi, M. (2017). Dissolved oxygen models in intensive culture of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in East Java, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society*, 10(4), 768-778
- Ulaje Fernández, S. A. (2014). *Relación entre respuestas fisiológicas, contenido bioquímico y expresión del camarón blanco (Litopenaeus vannamei) ante cambios agudos y crónicos de hipertermia e hipoxia* (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, Baja California, México
- Valenzuela-Quinónez, W., Rodríguez-Quiroz, G., Ponce-Palafox, J. T., & Esparza-Leal, H. M. (2011). Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 46(3), 303-311. doi: 10.4067/S0718-19572011000300002
- Yan, B., Wang, X., & Cao, M. (2007). Effects of salinity and temperature on survival, growth, and energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Shellfish Research*, 26(1), 141-146. doi:10.2983/0730-8000(2007)26[141:EOSATO]2.0.CO;2
- YSI (2002). Manual de operación, sistema portable de medición de oxígeno disuelto y temperatura modelo YSI modelo 55. Yellow Springs, Ohio, Estados Unidos



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

No.25 / Año 2020

REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica
Universidad Nacional Autónoma de Honduras



DICIHT
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
CIENTÍFICA HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA

ARTÍCULO ORIGINAL

Gobernanza territorial, oportunidades para el desarrollo y sostenibilidad en Santa Rosa de Copán, Honduras

Territorial governance, opportunities for development and sustainability in Santa Rosa de Copán, Honduras

Jensen Bautista-Perdomo^{a,b}

a Carrera en Desarrollo Local, Centro Universitario Regional de Occidente, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Santa Rosa de Copán, Honduras

b Comisión Ciudadana de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial

DOI 10.5377/rct.v13i25.10413

Recibido: 23 octubre 2019

Aceptado: 03 de agosto 2020

Publicado en línea: 23 noviembre 2020

RESUMEN

En el presente artículo, se presenta un análisis sobre los planes de ordenamiento territorial como instrumentos actuales en la construcción de “un orden deseado” y sobre las posibilidades para lograr un modelo de ocupación que permita orientar el territorio hacia un desarrollo sostenible, con iniciativas de apropiación cultural, desarrollo social, desarrollo económico local y ambiental. Se sabe que aún existe un gran camino por recorrer hacia la implementación de una verdadera cultura de planificación y de gestión integral del territorio. En este contexto, el presente artículo presenta una propuesta de gobernanza territorial con un enfoque multidisciplinario, planteando 5 ejes de trabajo: cultura e identidad, planificación del crecimiento físico de la ciudad, transporte (viabilidad), gestión de riesgo y sostenibilidad ambiental (agua, saneamiento, ambiente y recolección de desechos sólidos), en donde se dan a conocer sus oportunidades. Esta propuesta de gobernanza territorial para el municipio de Santa Rosa de Copán, Honduras permitiría recuperar el equilibrio

ambiental, la productividad económica, equidad social y los procesos de participación ciudadana.

Palabras clave: gobernanza, ordenamiento territorial, desarrollo sostenible, ambiente

ABSTRACT

The present article shows an analysis of territorial planning plans as current instruments in the construction of “a desired order” and on the possibilities to achieve an occupation model that allows guiding the territory towards a sustainable development, with initiatives of cultural appropriation, social development, local and environmental economic development. It is known that there is still a long way to go towards implementing a true culture of planning and integral management of the territory. In this context, this article presents a proposal of territorial governance with a multidisciplinary approach, proposing 5 axes of work: culture and identity, planning of the physical growth of the city, transport (viability), risk

Autor corresponsal

✉ **Jensen Bautista-Perdomo**
jensen.bautista@unah.edu.hn

management, environmental sustainability (water, sanitation, environment and collection of solid waste), where the opportunities are revealed. This proposal of territorial governance for the municipality of Santa Rosa de Copán, Honduras would allow the recovery of the environmental balance, economic productivity, social equity and citizen participation processes.

Keywords: governance, land-use planning, sustainable development, environment

1 INTRODUCCIÓN

El término gobernanza, como menciona Dalla-Torre (2017), nos presenta una propuesta innovadora cuya finalidad es generar repuestas a la crisis existente en las formas tradicionales de gobierno. Esto permite formular las bases de nuevas instancias de legitimidad, participación y gobernabilidad, modificando nuevas relaciones entre el estado y la sociedad civil. Ubilla-Bravo (2016) hace mención de los puntos necesarios para comprender qué es gobernanza: (1) es una estructura de relaciones entre los diferentes actores, (2) se encuentra formada por un conjunto articulado de reglas y procedimientos institucionalizados, (3) es compleja porque involucra a actores de los diferentes sectores: público, privado y social, (4) a menudo lo hacen con interdependencias multinivel, y (5) abarca a mecanismos relacionales mediante los cuales diversos actores intervienen en la toma de decisiones pública.

Existen muchos conceptos de desarrollo y sostenibilidad, pero en todas sus definiciones, se debe fundamentar en tres pilares, siendo estos las dimensiones ambientales, económicas y sociales. Estos tres pilares no pueden considerarse solos; más bien, es necesario tener en cuenta sus interacciones, permitiendo la creación, articulación y regulación de políticas y estrategias en un contexto de sistema complejo (Paolotti et al. 2019; Ferretti et al. 2020).

El concepto de desarrollo sostenible está estrechamente relacionado con el de sostenibilidad, es decir, la capacidad de cualquier sistema para mantenerse de forma indefinida. Esta definición ha evolucionado con el tiempo. La necesidad de preservar los recursos para las generaciones futuras es una de las principales características del desarrollo sostenible. Sin embargo, la única forma de lograr este objetivo es concebir el desarrollo como concepto multidimensional, teniendo en cuenta los tres pilares en los que se fundamenta. Para lograr el desarrollo sostenible, es necesario definir y delimitar metas y objetivos claros y que estos puedan ser medibles (Alaimo y Maggino 2019).

La estrategia de la gobernanza que surge por crisis ambientales, falta de gestión de recursos naturales y deterioro de los servicios ecosistémicos ha dado impulso a la territorialización de las políticas. Cada territorio, como actor global, puede escoger las trayectorias para el desarrollo, en las que la base identitaria y el apego al lugar guíen la acción y las políticas para poder alcanzar el futuro deseado. Esto debe ser respaldado por los múltiples actores que comparten los objetivos y conocen y asumen cuál debe ser su papel en su consecución (Farinós Dasí 2008). Esto nace ante la evidencia de las limitaciones de modelos de planificación y gestión pasados, los cuales han sido llevados a la práctica y han mostrado resultados, a menudo, alejados de los ambiciosos objetivos fijados. Se puede atribuir a la distancia y difícil coordinación entre las diferentes escalas administrativas (estatal, regional, local) y de estas con los agentes económico-sociales y población en general (Fernández Tabales et al. 2015).

En la planificación, se cuentan con áreas y sectores de las políticas públicas como la ambiental, social y territorial que, por su complejidad y la necesidad de legitimación permanente, son propicias para los modelos participativos o de gobernanza,

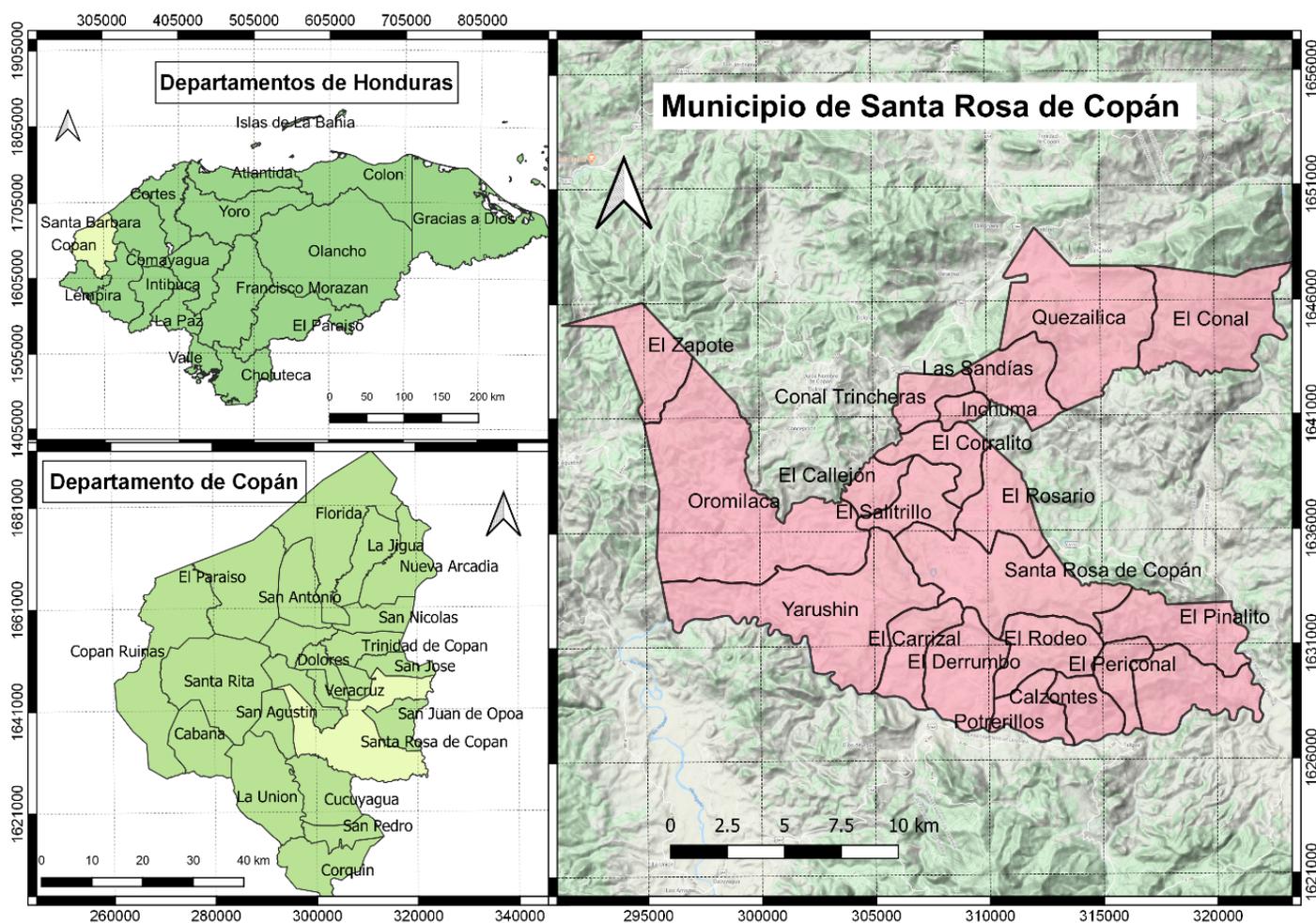


Fig. 1 Localización de Santa Rosa de Copán

la planificación y gestión del territorio. En estas se están generando instancias para las nuevas formas de gobierno local. Existe una problemática asociada a una incorrecta planificación urbana y del territorio y a la inapropiada interrelación estructural y funcional del uso de suelo urbano. Una indebida planificación ha llevado a una inapropiada expansión urbana y a la falta de planes de manejo territorial que sean integrales, trayendo consigo crisis ambientales por un deterioro de los bienes y servicios ecosistémicos. Esto conlleva situaciones en donde se crean condicionantes del desarrollo social y urbanístico como los procesos no planeados de transformación urbana, arrastrando

espacios y ciudades mal planeadas (Ortega 2012; Farinós Dasí 2008; De Arco Ballesteros y Verga Durán 2012).

2. ÁREA DE ESTUDIO

Santa Rosa de Copán está situado en el extremo occidental de Honduras (ver Fig. 1). Es cabecera del Departamento de Copán y está ubicada en una altiplanicie extendida de oriente a poniente con una altura aproximada de 1,100 metros sobre el nivel del mar en las coordenadas $14^{\circ}46'03''$ latitud norte y $88^{\circ}46'41''$ longitud oeste. Presenta una topografía irregular, rodeada de bosques de coníferas. Su extensión

superficial es de 293.1 km². En el año 2017, según el Instituto Nacional de Estadística, poseía una población total (urbana y rural) de 66,629 habitantes.

3. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN SANTA ROSA DE COPÁN

De acuerdo al concepto de gobernanza, la sociedad civil debería jugar un papel muy importante en la toma de decisiones, con una inclusión participativa y de apoyo a las autoridades municipales. En Santa Rosa de Copán, existe la Agencia del Desarrollo Económico Local (ADELSAR), la cual es un instrumento de gestión con responsabilidad compartida entre ciudadanía, gobierno local y empresa privada. Dentro de esta, existen las Instancias Ciudadanas, que es la unidad encargada de articular el proceso de Participación Ciudadana del Municipio. A ella pertenece la Comisión Ciudadana de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, que es un conjunto de ciudadanos voluntarios que buscan, como objetivo, asesorar el seguimiento y ejecución del Plan Maestro de Desarrollo Urbano Municipal (PMDU), el cual fue aprobado en el año 2010 con una proyección de 20 años. Esta comisión, al ser la encargada de velar por el cumplimiento y la actualización del PMDU, permite proponer y presentar a las autoridades locales, desde la ciudadanía, los cambios, modificaciones y revisión al mismo, buscando el desarrollo y la sostenibilidad. Esta comisión también se encarga de visualizar los retos y oportunidades para un desarrollo sostenible con un enfoque multidisciplinario para la ciudad de Santa Rosa de Copán, construyendo esta visión de territorio al PMDU actual de manera participativa.

Se reconoce que, a pesar de los avances en la materia, la planificación tradicional en general y el PMDU para la ciudad Santa Rosa de Copán, se encuentran ligados directamente al uso del suelo, sin contar con los componentes sociales, ambientales, culturales, etc. El proceso de planeación debe de ser

multi e interdisciplinario. En el proceso, el intercambio de información y la comunicación clara y transparente entre todos los actores de Santa Rosa de Copán, tanto públicos como privados y civiles, son clave para generar la participación conjunta y la creación de una visión y los objetivos para el desarrollo sostenible. Es imprescindible sustentar y recopilar este proceso con datos técnicos y científicos e información clara sobre los servicios de los ecosistemas relevantes, espacios culturales y de recreación, el patrimonio histórico y los costes de gestión y sus beneficios sociales, ambientales y económicos. La sociedad civil, empresa privada y el gobierno local son la arquitectura de la gobernanza que podría estar compuesta por redes complejas de relaciones (horizontales y verticales) interinstitucionales o intersectoriales. Las relaciones, interacciones o transacciones (que también pueden darse) entre actores se pueden dar en varios temas o ejes: operacionales, financieros, legales, ambientales, etc. Estas relaciones se pueden llevar a cabo en diferentes niveles o dentro del mismo grupo de actores en diferentes tiempos.

En el PMDU de Santa Rosa de Copán, aprobado para el periodo 2010-2030, deberían cuestionarse algunas preguntas como:

- ¿Existe en Santa Rosa de Copán un modelo de participación y de gestión del territorio innovador y respaldado por un equipo multidisciplinario de actores?
- ¿El PMDU refleja una visión territorial compartida y consensuada por todo el municipio?
- ¿Es necesario modificar el plan maestro actual?

A modo de hipótesis, se sostiene que la gobernanza territorial en Santa Rosa de Copán es un modelo emergente, aún limitado y de incipiente institucionalización. Aun no

se ha logrado plasmar en el PMDU una visión clara a futuro sobre el territorio compartido y consensuada mediante la participación ciudadana, y siendo de manera incluyente en todos los ámbitos de la población.

Hablar de ordenamiento territorial o plan maestro de desarrollo urbano significa generar un proceso para la construcción del orden deseado. Esto solo se puede lograr con la participación de los grupos sociales y económicos, sus problemáticas, su razón de ser como ciudad o como grupo, con una identidad. No puede ser un ejercicio exclusivamente estadístico y normativo, sino que debe reconocer diferentes tendencias socioculturales, la historia y el modo de vida de la población (Hernández Peña 2010).

En este sentido, se realizó, a través del Centro Universitario Regional de Occidente (CUROC-UNAH) y la Comisión Ciudadana de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, una propuesta para adaptar el plan maestro actual para Santa Rosa de Copán. Se desea que el plan sea más integral, que englobe la realidad, que haga sentir la identidad y que sea complementario, buscando los procesos de planeación territorial, la historia, su patrimonio histórico y ambiental, los servicios ecosistémicos y socioculturales y la contribución a la discusión de alternativas.

El fenómeno urbano y su dinámica en cualquier parte del mundo se presenta como un proceso complejo de intercambio entre las personas, las actividades, el ambiente, los intereses, las culturas, los poderes, los deberes y derechos (Ornés 2009). Finalmente, el presente y futuro de Santa Rosa de Copán será una respuesta del compromiso colectivo, logrando una de las aportaciones relevantes de la nueva concepción de los procesos socio-ambientales. Es la idea de concebir al territorio como recurso y factor de desarrollo y no sólo como soporte físico para las actividades y los procesos económicos (Wong-González 2009).

La forma de planear para un presente y un futuro de la ciudad de Santa Rosa de Copán parte de posturas e intereses a veces encontrados. Es imperante realizar una reflexión y, sobre todo, un diálogo sostenido entre los distintos actores sociales y políticos de Santa Rosa de Copán, sobre la planificación de la ciudad y la ciudad que se quiere. La ciudad de Santa Rosa de Copán presenta, alrededor del sistema de espacio público, un sinnúmero de actuaciones urbanísticas mal planificadas debido a su relieve irregular y a su acelerado crecimiento. Por ejemplo, las áreas de recreación, en su mayoría, se encuentran ubicadas en la zona alta de la ciudad. Los espacios correspondientes a cauces de agua están embaulados. El PMDU contempla actualmente solo el área urbana del municipio, obviando el área rural, lo que conlleva a un crecimiento sin una planificación establecida en las zonas rurales del municipio. Con gran indiferencia ante el actual sistema social para la convivencia, la materialidad urbana ha contribuido a la pérdida del sentido de pertenencia que debe primar en una ciudad con calidad ambiental, y donde la cultura debe ser la bandera de la convivencia pacífica y del hacer ciudad de todos.

El trabajo se inicia describiendo los problemas derivados de la falta de planificación urbana y ordenación del territorio en la ciudad de Santa Rosa de Copán, y que repercuten en la progresiva pérdida de calidad de vida de los ciudadanos. Asimismo, se enfatiza sobre los desafíos, retos y oportunidades a los que se enfrentan los ciudadanos y el gobierno local, reivindicando la reflexión y la búsqueda que dé respuestas a las necesidades locales y brinde desarrollo a las poblaciones heterogéneas que comparten el espacio urbano.

La planificación del desarrollo urbano en Santa Rosa de Copán se justifica porque:

- a. son pocos los espacios habitables en relación con la superficie de la ciudad, ya que en

Santa Rosa de Copán existen muchas áreas escarpadas y erosionables

- b. existen zonas cuyas características demandan tratamientos especiales, por ejemplo, las zonas de recarga, áreas de recreación, áreas boscosas, etc.

Las decisiones que se tomen definirán el futuro de manera determinante para la ciudad de Santa Rosa de Copán.

4. LOS DESAFÍOS DE LA PLANIFICACIÓN URBANA EN SANTA ROSA DE COPÁN

El gran desafío de la planificación urbana en Santa Rosa de Copán es garantizar ser consecuente con las necesidades de la sociedad en su conjunto, respetuosa con la legislación urbana, coherente en las técnicas y metodologías empleadas en el proceso de planificación, seguimiento y monitoreo, y, sobre todo, independiente de los que ejecutan y desarrollan los planes. En este sentido, en el proceso de planificar aparecen intereses en pugna, por lo que es fundamental yuxtaponer los deseos opuestos de la administración local por planear a corto plazo y los anhelos de los distintos espacios urbanos por ser diseñados a largo plazo (Sánchez González 2012).

El crecimiento urbano ejerce presión sobre los recursos y la capacidad de los planificadores y las autoridades locales para mejorar las condiciones de los ciudadanos. El desarrollo sostenible depende, por tanto, de la gestión exitosa de la expansión urbana y el desarrollo de estrategias eficientes de planificación territorial (Billaud et al. 2020).

Algunos investigadores (Hernández Peña 2010; Sánchez González 2012) indican que el aumento indiscriminado de la población urbana ha traído consigo la pérdida progresiva de la calidad de vida urbana y regional. Asimismo, la ciudad actual se ha

convertido en el escenario crítico de una sociedad inconforme y consumista de recursos finitos (suelo, agua). El conflicto se da entre las posibilidades de conservar los recursos y condiciones ambientales, y continuar con un modelo de producción económico cuyos costos de producción no contemplan los costos ambientales de estas actividades. Dentro de este desafío de crecimiento de ciudad, es necesario visualizar las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11), buscando una urbanización inclusiva y sostenible. Se debe considerar, además, la capacidad para una planificación y gestión participativa, integrada y sostenible, basada en el apoyo a los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales mediante el fortalecimiento de la planificación desde una visión de desarrollo nacional y regional (ONU 2015). La Nueva Agenda Urbana permite definir lineamientos para el desarrollo sostenible, en la forma de administrar, planificar y gestionar las ciudades, incorporando un enfoque de gestión integral, hacia ciudades más sostenibles y armonía permitiendo el uso sostenible de sus recursos (ONU-HABITAT 2016). Esto conduce a un proceso de planificación a nivel de territorio, permitiendo construir en consenso y con una visión compartida en el municipio de Santa Rosa de Copán.

5. OPORTUNIDADES EN EJES DE TRABAJO Y DESARROLLO

Existe una creciente necesidad de habilidades prácticas y grupos de expertos calificados para desarrollar, implementar y operar modelos y soluciones de gobernanza para propósitos colectivos específicos y en contextos geográficos particulares. La gobernanza significa más que gobernar y gestionar, ya que implica la capacidad de coordinación de las diferentes organizaciones y sus intereses particulares dentro de un marco institucional específico (Glückler

et al. 2019).

Por tal razón, para que Santa Rosa de Copán logre transitar a procesos de innovación inclusiva, se requiere necesariamente pensar en la conformación de líneas de actuación (abordado también como ejes de trabajo). Esto se refiere a la articulación/integración entre los diferentes actores y estructuras institucionales con la cual se busca explicar su interacción dentro del proceso de innovación. Este es un proceso social e interactivo en un espacio social específico. En este aspecto, la comisión ciudadana de desarrollo urbano y ordenamiento territorial propone un cambio al PMDU para crear un plan de desarrollo que involucre a la sociedad, la cultura, el ambiente y el desarrollo sostenible. Con esto, se busca dar solución a los problemas existentes, construyéndose a través de la participación ciudadana. Dentro de estos ejes se encuentran:

5.1 Eje de trabajo 1: Cultura e Identidad

Este primer eje de trabajo deberá hacer énfasis en el ámbito cultural y de identidad en Santa Rosa de Copán. La cultura se ha convertido en uno de los elementos decisivos en el desarrollo económico, social y de la identidad. En este sentido, las políticas culturales deberían efectuar un giro local hacia el café, el cual ha sido fuente de emprendedurismo. Cultura e identidad son dos términos que, en el caso de Santa Rosa de Copán, debería de ser indisociables. La primera función de la identidad es marcar fronteras entre un nosotros y los “otros” y no se ve de qué otra manera podríamos diferenciarnos de los demás si no es a través de un universo de rasgos culturales distintivos y muy marcados de la ciudad.

El desarrollo sostenible para Santa Rosa de Copán es concebido como la integración equilibrada entre un desarrollo económico de cultura e identidad que permita obtener calidad de vida para la población local y aquel en el que, al mismo tiempo, se preserve

el ambiente. Estos aspectos en conjunto son la base del desarrollo sostenible que, bajo una adecuada planificación, se puede llegar a conseguir. El turismo, visto desde este punto, es una de las industrias más lucrativas debido a su gran acogida, y donde Santa Rosa de Copán puede ver una oportunidad de desarrollo en sus recursos naturales y culturales. La Comisión de Turismo, la Cámara Nacional de Turismo de Honduras (CANATURH-SRC), la Asociación de Cafeterías de Occidente y el Club de Observación de Aves (COAS) están trabajando fuertemente en el turismo sostenible y con una visión integradora donde lo social, el ambiente y la cultura están de la mano.

Se deberá hacer un énfasis en el patrimonio, ya que a nivel territorial, se refiere a aquellos bienes que una sociedad decide conservar por su valor cultural, natural o tradicional. Se plantea que el patrimonio urbano “comprende las edificaciones y los espacios públicos cuya forma constitutiva es expresión de la memoria colectiva, arraigada y transmitida, los que en forma individual o en conjunto revelan características culturales, ambientales y sociales que manifiestan y fomentan la cultura y la consolidación social” (Camelo Garzón et al. 2015).

Dentro de las oportunidades para el Eje 1 se destacan:

- a. Crear una ciudad sostenible
 - Implementar estrategias para el desarrollo sostenible con un crecimiento constante y en armonía con el ambiente
 - Considerar una estructura urbana que contribuya al desarrollo del futuro
- b. Crear una ciudad económicamente activa y atractiva
 - Proponer un concepto de identidad para la ciudad (por ejemplo, las actividades que la sociedad civil está realizando: “la capital del buen café”, Expocopán y la fabricación

de puros)

- Ampararse en los lineamientos del patrimonio histórico
 - Cuidar los recursos naturales y medioambiente natural
- c. Implementar un plan de recuperación de zona (casco histórico) y patrimonio arquitectónico
- d. Crear una ciudad turística, con base en las debilidades y fortalezas
- Realizar un análisis del sector turismo
 - Definir las oportunidades y retos, entre ellos:
 - Recursos turísticos
 - Oferta turística
 - Infraestructura de apoyo
 - Problemática del centro de Santa Rosa de Copán (casco histórico)
 - Proyectos-destinos estratégicos (por ejemplo, rutas de café)
 - Plan de marketing (por ejemplo, mercados, estrategias, acciones).

5.2 Eje de trabajo 2: Planificación del crecimiento físico de la ciudad

Las ciudades actuales son fruto de combinaciones de fenómenos urbanos pasados y nuevos. Santa Rosa de Copán se encuentra en una dinámica continua y en un acelerado movimiento. Algunos han creado un paradigma en cuanto a que dichas dinámicas necesariamente se deben orientar hacia un determinado tipo de desarrollo, a veces entendido

como “crecimiento económico”.

El crecimiento físico de la ciudad debe estar acondicionado para brindar servicios a la ciudad y mejorar la calidad de vida de la población, pero se necesita una clara visión de las necesidades de la ciudad y hacia dónde avanza. Esto implica dimensiones materiales, ambientales y espaciales (equipamientos). Para este eje de trabajo, se necesita establecer la calidad de vida de la población de Santa Rosa de Copán, medida desde la satisfacción de necesidades materiales, a través de indicadores externos a la persona (por ejemplo, calidad de vivienda, acceso a servicios públicos, acceso a zonas de ocio, ingresos, etc.). Esto le brinda un lugar protagónico a los espacios públicos destinados a satisfacer las necesidades fundamentales que producen bienestar de la población. También se debe incluir otro tipo de mediciones o indicadores que evalúen el grado de felicidad de la población de Santa Rosa de Copán (por ejemplo, su tiempo libre, sus oportunidades de recreación, acceso a la cultura y otros).

El espacio, cada vez más urbanizado, hace necesario realizar importantes procesos de adaptación, aunque también es susceptible de ser transformado para hacerse más sostenible. Una de las preocupaciones que surge al pensar en la crisis ambiental y de planificación actual es que se ha ido perdiendo control sobre el entorno en el cual se vive. Por esta razón, Santa Rosa de Copán necesita tener una clara visión hacia dónde va a avanzar y cuáles son los pasos a seguir. Es necesario contar con un estudio que contemple el uso del suelo y la estructuración en el espacio para definir las características de sus elementos (calles, plazas, parques, edificación, áreas verdes). De esta manera, se debe tratar de poner racionalidad al conjunto urbano, mejorando las condiciones de vida y llegando a satisfacer las necesidades básicas dentro del espacio público.

El Eje 2 aborda fuertemente el tema de equipamiento público en la planificación y ordenamiento de los

territorios, ya que permite establecer la infraestructura necesaria para que su población cuente con los servicios básicos de salud, educación, cultura, recreación y bienestar social, entre otros. Se deben establecer estándares mínimos y lugares adecuados para que los ciudadanos tengan acceso a estos servicios indispensables para su calidad de vida y su bienestar general.

Dentro de las oportunidades para el Eje 2 se destacan:

a. Indicar necesidades claras

- Identificar funciones urbanas necesarias para la ciudad de Santa Rosa de Copán.
- Considerar medidas necesarias para llevar a cabo dichas funciones
- Elaborar un plan sectorial de los espacios públicos, vinculando el desarrollo urbano ecológico, de áreas verdes y recreación
- Establecer mecanismos financieros sostenibles y transparentes

b. Introducir un método participativo efectivo de los actores principales

- Involucrar a los interesados en la formulación de los planes de uso de suelo
- Llevar a cabo un proceso participativo de un consenso que involucre a diversos actores
- Actualizar el Reglamento de Construcción y Lotificación con nuevas propuestas
- Fortalecer las instituciones relacionadas con la planificación y el desarrollo

c. Realizar propuesta de zonificación del uso de suelo

- Revisar antecedentes

- Desarrollar una base de datos en un sistema de información geográfica (SIG)
- Crear zonas para crecimiento poblacional
- Ubicar y conocer las limitaciones geomorfológicas
- Compartir y utilizar los datos en SIG entre las instituciones
- Proponer mecanismos de compensación en las áreas de desarrollo forestal con potencial para proyectos de ecoturismo, etc.
- Identificar áreas verdes y de recreación (por ejemplo, El Cerrito y el Bosque Escuela Jerónimo J. Reina)

d. Orientar el crecimiento de la ciudad hacia la creación de áreas residenciales eficientes que permitan un fácil acceso a las zonas de empleo, comercio, equipamiento y recreación.

5.3 Eje de trabajo 3: Transporte (viabilidad)

Estudiar este tema desde el desarrollo urbano permite evidenciar el papel estratégico de los proyectos de infraestructura para viabilidad, así como su capacidad para estructurar el territorio y establecer un primer nivel de ordenamiento territorial. El tema de transporte en el ordenamiento territorial tiene que ver con la eficiencia y eficacia de las infraestructuras y/o sistemas viales y de transporte que inciden directamente en la productividad de Santa Rosa de Copán y en las condiciones de vida de sus pobladores. Se analizan bajo esta temática principalmente los sistemas de infraestructuras viales y de movilidad, incluyendo la movilidad de peatones, automóviles, sistemas de transporte masivo, bicicletas, y las diferentes alternativas de transporte.

Dentro de las oportunidades para el Eje 3 se

destacan:

- a. Realizar un estudio de tráfico y pronóstico de tráfico
- b. Revisar el sistema de transporte actual
- c. Realizar propuesta de infraestructura física y no física (infraestructura de carreteras, bulevares, etc)
- d. Introducir parquímetros
- e. Implementar transporte limpio
- f. Promover seguridad vial.

5.4 Eje de trabajo 4: Gestión de riesgo

El riesgo de desastre es una condición emergente del desarrollo y, por lo tanto, la gestión del riesgo es un proceso social y una estrategia de desarrollo que se concreta en diferentes niveles de integración ambiental, económica, política y sociocultural (Ramírez et al. 2005). Dentro de la gestión de riesgo, no solamente se estudian los fenómenos biofísicos; se deben abordar desde una visión más integral y sistemática, reconociendo las relaciones entre diversas variables sociales, económicas, ambientales y biofísicas, considerando múltiples escalas de tiempo y espacio. Esta visión, producto de una construcción social con diferentes visiones del fenómeno, crea una visión que permite analizar las características del riesgo, anteriormente ignoradas, y que están relacionadas con el carácter de complejidad e incertidumbre, generando una percepción más amplia del riesgo con nuevas estrategias para gestionarlo.

El riesgo en Santa Rosa de Copán deberá ser analizado como un producto de procesos complejos en la parte social. La identificación de la vulnerabilidad social empieza a ser clave en el análisis del riesgo, donde la pobreza, la inseguridad, la desigualdad social, el desempleo, el analfabetismo, la ausencia

de infraestructura, la corrupción y la estructura de gobierno son variables sociales que claramente deben ser tomadas en cuenta con el objetivo de generar resiliencia y adaptación territorial. Para la ciudad de Santa Rosa de Copán, la sociedad civil necesita crear estrategias de empoderamiento en los sistemas de alerta, la detección y reconocimiento de amenazas, la actuación durante las emergencias y la educación ambiental. Esto permitirá que exista una redistribución de responsabilidades entre los múltiples actores a nivel municipal e instituciones de gobierno, creando vínculos de cooperación entre ellos.

Dentro de las oportunidades para el Eje 4 se destacan:

- a. Generar conocimiento científico y sobre reducción del riesgo, generando estrategias y mecanismo para anticiparse a los desastres, a través de políticas públicas de gestión y reducción de riesgo
- b. Crear la Comisión Ciudadana de Riesgos, la cual debería ser un grupo multidisciplinario en la que participen los diferentes actores y organizaciones sociales relacionadas con la gestión del riesgo, identificando posibles aliados, conflictos, intereses comunes, interdependencias y potenciales interacciones, tratando de establecer conexiones entre la comunidad científica, el sector público y el sector privado
- c. Generar mapas de riesgo enfocados a determinar la probabilidad de las amenazas y el nivel de impacto que tendrían sobre el municipio de Santa Rosa de Copán ante la vulnerabilidad y el grado de exposición de la sociedad
- d. Generar mapas de vulnerabilidad social enfocados a identificar las zonas vulnerables

dentro del municipio de Santa Rosa de Copán

- e. Crear un plan de acción que permita enfocar la gestión del riesgo bajo el conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de la emergencia, con la finalidad de producir participación y consenso de la sociedad civil en la toma de decisiones.

5.5 Eje de trabajo 5: Sostenibilidad Ambiental (Agua, Saneamiento, Ambiente y Recolección de desechos sólidos)

Muchos de los problemas de Santa Rosa de Copán se derivan del propio emplazamiento y condiciones topográficas del sitio. La vulnerabilidad ambiental está dada no sólo por las características topográficas mencionadas, sino también por las relaciones sociales, culturales, económicas y políticas que nos conducen a la forma y modalidad de ocupación y crecimiento urbano que tenemos actualmente.

Dentro del eje 5, se trabajará con los componentes:

- a. Agua
- b. Saneamiento
- c. Ambiente
- d. Recolección de desechos sólidos.

5.5.1 Agua

El proceso de asentamiento humano de Santa Rosa de Copán tiene características muy particulares. Las condiciones de vulnerabilidad hídrica del sitio en el que se emplaza están dadas por las características topográficas y la disposición de los asentamientos urbanos, ocupando la planicie en un principio. El centro histórico de la ciudad está asentado sobre material volcánico donde existen acuíferos fracturados. Sus quebradas están contaminadas por aguas residuales y sin fuentes cercanas de aguas

superficiales. Todo esto contribuye a la situación de riesgo hídrico que actualmente existe, como menciona Bautista-Perdomo y Martínez-Villegas (2015). Dentro de las oportunidades para abordar este componente se encuentran:

- Cobertura
- Eficiencia en el uso del agua
- Eficiencia en el servicio de suministro del agua
- Disponibilidad del recurso hídrico
- Delimitación de zonas no negociables
- Déficit en el servicio de agua potable de un 44 % (2014)
- Conservación, protección, y restauración (zonas de recarga) y aprovechamiento sostenible del agua
- Desarrollo de infraestructura para el tratamiento, uso y reúso eficiente de agua pluviales, subterráneas y residuales
- Abastecimiento y presión de agua disponibles para la etapa de desarrollo
- Creación de mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos.

5.5.2 Saneamiento

La Cooperación Española se encuentra trabajando en el Proyecto Construcción del Plan Maestro (director) del Alcantarillado Sanitario, con la instalación de colectores en las dos quebradas que atraviesan la ciudad, las cuales recogerán las aguas negras de las colonias y barrios que descargan directamente a las quebradas. Esto vendrá a mejorar la calidad de vida para la sociedad, el ambiente, el recurso hídrico y el saneamiento. Posteriormente, se tiene planificada la

construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), como parte de un proceso de descontaminación del agua residual.

Dentro de las oportunidades se encuentran:

- Cobertura de saneamiento
- Tratamiento de aguas residuales
- Efectividad del drenaje
- Mantenimiento a la planta de tratamiento de aguas residuales.

5.5.3 Ambiente

Ante la perspectiva de crecimiento futuro, y considerando la necesidad de salvaguardar la parte ambiental a la par de planear el desarrollo para Santa Rosa de Copán, el ordenamiento ambiental del territorio deberá incluir la zonificación y la propuesta de usos para el territorio. Esto debe realizarse de acuerdo a su potencialidad y limitantes, así como el sistema de políticas ambientales de aprovechamiento, protección, conservación y restauración que garanticen la explotación racional y la conservación de los recursos naturales a mediano y largo plazo.

En el ordenamiento territorial, se considera el suelo como un recurso natural y se debe planear y ordenar todos sus usos en forma integral. Esta integración debe hacerse atendiendo, de un lado, todos los factores ambientales, sociales y económicos y, por otro, todos los componentes del medio ambiente y los recursos conjuntamente.

Dentro de las oportunidades se encuentran:

- Desarrollar incentivos fiscales o de otra índole que apoyen acciones de protección a los ecosistemas y su función en el ciclo hidrológico
- Garantizar el respeto a las áreas naturales

protegidas

- Promover la compra de zonas de protección ambiental, mediante fondos municipales y privados, con el fin de conformar cinturones verdes y zonas de amortiguamiento ecológico
- Generar y gestionar información para la toma de decisiones
- Desarrollar programas de reforestación en áreas degradadas en las zonas de captación hidrológica para incrementar la cantidad de áreas verdes y la capacidad de absorción de los suelos
- Establecer convenios con instituciones para que concentre, genere, actualice y difunda la información medioambiental.

5.5.4 Recolección de desechos sólidos

Una de las preocupaciones que surge al pensar en la crisis ambiental actual es que el hombre ha ido perdiendo control sobre el entorno en el que vive. Los residuos han ido incrementándose a medida que crece la población de Santa Rosa de Copán.

Dentro de las oportunidades se encuentran:

- Crear programas de separación selectiva de basura y reciclaje
- Mejorar la cobertura de recolección de residuos sólidos.
- Implementar el tratamiento de residuos sólidos.

La propuesta de ordenamiento territorial para el eje 5 deberá estar compuesta por:

- a. Unidad ambiental de gestión territorial
- b. Política ambiental

- c. Escenarios actuales, tendencial y estratégico
- d. Modelo de desarrollo sostenible.

6. CONCLUSIONES

La propuesta pretende realizar una evaluación integral a la gestión del desarrollo urbano, organizando los aspectos culturales, ambientales, sociales, económicos y científicos, los cuales abarcan todos los procesos que implica el desarrollo físico de los territorios. Así mismo, de manera transversal, la metodología propuesta evalúa, en cada uno de estos niveles, las grandes temáticas o dimensiones del ordenamiento, las cuales pueden ser evaluadas por separado y de este modo encontrar problemáticas puntuales y definir áreas a priorizar.

La sostenibilidad para Santa Rosa de Copán deberá ser una unión compleja entre la parte ambiental, la parte económica y la parte social. En este marco dinámico, flexible, descentralizado y participativo, se debe vincular en forma coherente y comprensiva el proceso de desarrollo regional-territorial con el ordenamiento de la ciudad, particularmente bajo un esquema nacional de política regional y dentro de un contexto de globalización.

Ante todo, debe concebirse el ordenamiento como un instrumento que permite, a través de un ejercicio prospectivo, generar un modelo de planificación territorial donde se fortalecen las vocaciones de los territorios, y es posible tener criterios técnicos para subsanar los conflictos en el uso de los suelos, armonizando y salvando zonas de interés ambiental y cultural. En este sentido, el ordenamiento no debe concebirse como una obligación más, sino como un instrumento que permita construir sobre un territorio un orden deseado y orientado hacia el horizonte de una sustentabilidad ambiental.

La aplicación de políticas públicas de gestión del riesgo debe facilitar y demandar la participación

corresponsable de los actores sociales, a efectos de concertar intereses y pactar compromisos para la mutua gestión. Se necesita crear mecanismos de supervisión y seguimiento para cumplir con los objetivos de cada propuesta.

Se hace necesario realizar importantes procesos de adaptación en el espacio de Santa Rosa de Copán, el cual está cada vez más urbanizado, aunque también es susceptible de ser transformado para hacerlo más sostenible. Se trata de una realidad que estimula a repensar las relaciones entre sociedad y espacio.

La municipalidad y los entes de gobierno no pueden entregar por sí solos una respuesta adecuada a las problemáticas antes descritas. Surge la necesidad de planificar con un enfoque ampliamente participativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaimo, L. S., & Maggino, F. (2019). Sustainable development goals indicators at territorial level: Conceptual and methodological issues—the Italian Perspective. *Social Indicators Research*, 147(2), 383–419. doi: [10.1007/s11205-019-02162-4](https://doi.org/10.1007/s11205-019-02162-4)
- Bautista-Perdomo, J. M., & Martínez-Villegas, N. (2015). Santa Rosa de Copán; una propuesta hacia una nueva gestión del agua. *Economía y Administración (E&A)*, 6(1), 53-62
- Billaud, O., Soubeyrand, M., Luque, S., & Lenormand, M. (2020). Comprehensive decision-strategy space exploration for efficient territorial planning strategies. *Computers, Environment and Urban Systems*, 83, 101516. doi: [10.1016/j.compenvurbsys.2020.101516](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101516)
- Camelo Garzón, Á., Solarte-Pazos, L., & López, O. (2015). Evaluación y seguimiento de planes de ordenamiento territorial en los municipios de Colombia. *Revista Sociedad y Economía*, (28), 163-180
- Dalla-Torre, M. A. (2017). Gobernanza territorial y los Planes de Ordenamiento Territorial: el caso de la provincia de Mendoza, Argentina. *Bitácora Urbano Territorial*, 27(1), 47-54. doi: [10.15446/bitacora.v27n1.47597](https://doi.org/10.15446/bitacora.v27n1.47597)
- De Arco Ballesteros, J. L. & Verga Durán, R. A. (2012). Ordenamiento territorial, desarrollo social y construcción

- de patrimonio en el Suroccidente de Barranquilla. Caso: Barrio Los Ángeles. *Memorias. Revista Digital de Historia y Arqueología desde el Caribe*, (18), 168-195
- Farinós Dasí, J. (2008). Gobernanza territorial para el desarrollo sostenible: estado de la cuestión y agenda. *Boletín de la A. G. E.* 46: 11-32. Recuperado de: <http://age.ieg.csic.es/boletin/46/02-GOBERNANZA.pdf>
- Fernández Tabales, A., Mercado Alonso, I., Villar Lama, A. & Bascarán Estévez, M. V. (2015). Gobernanza territorial y gestión de espacios turísticos en contextos de fuerte presión inmobiliaria: Análisis de buenas prácticas locales en la costa de Cádiz (España). *Revista de Geografía Norte Grande*, (60), 173-194. doi: [10.4067/S0718-34022015000100010](https://doi.org/10.4067/S0718-34022015000100010)
- Glückler, J., Rehner, J., & Handke, M. (2019). Gobernanza, redes y territorio. *Revista de Geografía Norte Grande*, (74), 5-20. doi: [10.4067/S0718-34022019000300005](https://doi.org/10.4067/S0718-34022019000300005)
- Hernández Peña, Y. (2010). El ordenamiento territorial y su construcción social en Colombia: ¿un instrumento para el desarrollo sustentable? *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, (19), 97-109. doi:[10.15446/rcdg.n19.16854](https://doi.org/10.15446/rcdg.n19.16854)
- ONU (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Consultado en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- ONU-HABITAT (2016). Habitat III. Nueva Agenda Urbana. Nairobi: Organización de las Naciones Unidas. Consultado en: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>
- Ornés, S. (2009). El urbanismo, la planificación urbana y el ordenamiento territorial desde la perspectiva del derecho urbanístico venezolano. *Politeia*, 32(42), 197-225
- Ortega, A. C. (2012). Desarrollo territorial rural y estructuras de gobernanza en Brasil. *Economía, sociedad y territorio*, 12(38), 149-179
- Ferretti, P., Zolin, M. B., & Ferraro, G. (2020). Relationships among sustainability dimensions: evidence from an Alpine area case study using Dominance-based Rough Set Approach. *Land Use Policy*, 92, 104457. doi: [10.1016/j.landusepol.2019.104457](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104457)
- Paolotti, L., Del Campo Gomis, F.J., Agullo Torres, A.M., Massei, G., & Boggia, A., (2019). Territorial sustainability evaluation for policy management: the case study of Italy and Spain. *Environmental Science & Policy*, 92, 207-219. doi: [10.1016/j.envsci.2018.11.022](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.022)
- Ramírez, F., Ghesquiere, F. & Costa, C. (2005). Un modelo para la planificación de la gestión del riesgo de desastre en grandes ciudades. Recuperado de http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/07/un_modelo_para_la_planificacion_de_la_gestion_del_riesgo_de_desastre_em_grandes_ciudades.pdf
- Sánchez González, D. (2012). Aproximaciones a los conflictos sociales y propuestas sostenibles de urbanismo y ordenación del territorio en México. *Revista de Estudios Sociales*, (42), 40-56. doi: [10.7440/res42.2012.05](https://doi.org/10.7440/res42.2012.05)
- Ubilla-Bravo, G. (2016). Gobernanza territorial: bases, características y la necesidad de su estudio en Chile. *Seminario Sustentabilidad y Gobernanza*, Universidad de Chile, Sep 2016, Santiago, Chile. doi: [10.5281/zenodo.46703](https://doi.org/10.5281/zenodo.46703)
- Wong-González, P. (2009). Ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial: retos para la gestión del desarrollo regional sustentable en el siglo XXI. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 17(spe), 11-39

