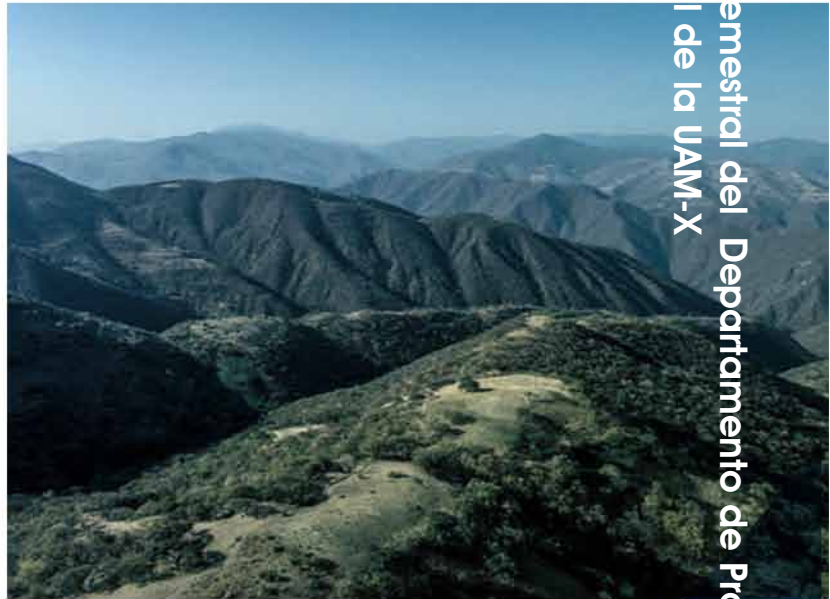


Sociedades rurales, producción y medio ambiente

ISSN 2007-7556



Revista
semestral del
Departamento de Producción Agrícola
y Animal de la UAM-X



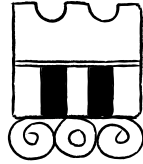
Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

43

Diciembre-Julio
2022

Sociedades rurales, producción y medio ambiente

Sociedades rurales, producción y medio ambiente



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

Dr. José Antonio de los Reyes Heredia

Secretaria General

Dra. Norma Rondero López

UNIDAD XOCHIMILCO

Rector

Dr. Francisco Javier Soria López

Secretaria

Dra. Ma. Angélica Buendía Espinosa

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Director

Mtra. María Elena Contreras Garfias

Jefa del Depto. de Producción Agrícola y Animal

M. en S. Nora Rojas Serranía

Director de la revista

Adolfo Álvarez Macías

COMITE EDITORIAL

Ciencias Agrícolas

Dr. Carlos H. Ávila Bello

Centro de Estudios Interdisciplinarios de Agrobiodiversidad (CEIABio)

Universidad Veracruzana

Dr. Rodolfo Figueroa Brito

Centro de Desarrollo de Productos Bióticos

Instituto Politécnico Nacional

Dr. Daniel Ruiz Juárez

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Ciencias Pecuarias

Dr. Carlos Arriaga Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural

Universidad Autónoma del Estado de México

Dr. Luis Corona Gochi

Jefe del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Antonio Martínez García

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Calidad e Inocuidad de Productos Agroalimentarios

Dr. Arturo Camilo Escobar Medina

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (Cuba)

Dr. Eduardo Morales Barrera, UAM-X

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Dra. Silvia D. Peña Betancourt

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Economía y Desarrollo Rural

Dra. Tamara Perelmuter

Instituto de Investigaciones Gino Germani (IIGG)

Universidad de Buenos Aires

Acuicultura y Pesca

Dr. Iván Gallego Alarcón

Diseño y formación

D. C. G. Mary Carmen Martínez Santana

Corrección de estilo

D. C. G. Amada Pérez

SOCIEDADES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

Año 2022, número 43, diciembre-julio de 2022 es una publicación semestral de la Universidad Autónoma Metropolitana, a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Producción Agrícola y Animal. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, Delegación Tlalpan, C.P. 14387, México, D.F., y Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, México, D.F., Tel. 54837231 y 54837230. Página electrónica de la revista: <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma> y dirección electrónica: aalvarez@correo.xoc.uam.mx Editor

Responsable Adolfo Álvarez Macías.

Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2011-081214583100-203, ISSN 2007-7556, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número:

Mary Carmen Martínez Santana, asesor externo.

Fecha de la última modificación: 08 de septiembre de 2022.

correo: macma_577@hotmail.com.

Tamaño del archivo 3200 KB.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Suscripción anual (2 números)

México: \$220.00

Estados Unidos: \$50.00 USD

Centro América y Sudamérica: \$40.00 USD

Europa: \$60.00 USD

© 2000, Universidad Autónoma Metropolitana, D.R.

Índice

Editorial	9
Política de la revista	13
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	
Procesos de configuración de los paisajes en el estado de Guerrero: una perspectiva socio-ecológica <i>Jaime Matus Parada</i>	17
La construcción de ordenanzas municipales y el fomento de la Agroecología en los partidos de Guaminí y Saladillo, Provincia de Buenos Aires, Argentina <i>María de la Paz Acosta</i>	47
<i>Tetranychus merganser</i> Boudreaux (Acari: Tetranychidae) asociada a <i>Moringa oleifera</i> Lam. (Moringaceae) y <i>Capsicum annuum</i> L. (Solanaceae) bajo condiciones de invernadero en el sur de la Ciudad de México <i>Silvia Rodríguez Navarro, Margarita Ojeda Carrasco, Susana E. Ramírez y Juan Esteban Barranco Florido</i>	75
ARTÍCULOS DE REVISIÓN	
Asistencia al parto y eficacia del ordeño en la búfala de agua: aspectos etológicos y neuroanatómicos <i>Fabio Napolitano, Daniel Mota Rojas, Ada Braghieri, Agustín Orihuela, Adolfo Álvarez Macías, Daniela Rodríguez, Adriana Domínguez, Nancy José Pérez, Joseline Jacome, Andrea Castellón, Ximena Armenta y Giuseppe de Rosa</i>	85

El calostro en la búfala de agua: aspectos inmunológicos, nutricionales y fisicoquímicos <i>Fabio Napolitano, Daniel Mota Rojas, Ada Braghieri, Isabel Guerrero Legarreta, Rosy G. Cruz Monterrosa, Nancy José Pérez, Adolfo Álvarez Macías, Adriana Domínguez Oliva, Daniela Rodríguez González, Karina Lezama García y Giuseppe de Rosa</i>	125
Etnoveterinaria, uso de plantas medicinales y sus subproductos en la ganadería extensiva <i>Román Espinosa Cervantes</i>	143
Métodos para la detección de <i>Blastocystis spp</i>, <i>Entamoeba histolytica</i>, <i>Giardia lamblia</i>, y <i>Cryptosporidium spp</i> en muestras de agua y materia fecal <i>José Mijail Campos Compean, Ana María Fernández Presas, María del Carmen Monroy Dosta, Aída Hamdan Partida y Jaime Bustos Martínez</i>	161
ENSAYO	
Mercado global-efectos locales: Un análisis coyuntural sobre el COVID-19, conflictos bélicos y cambio climático 2020-2022 <i>Robert Cárcamo Mallen, Adolfo Álvarez Macías, Claudia Coral y Víctor Manuel Santos Chávez</i>	179
Guía de autores	195

Editorial

La revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* ha mantenido su ritmo de aparición regular desde el año 2000, confirmándose con este número la convicción institucional de preservar su vigencia. Desde el Departamento de Producción Agrícola y Animal, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, se produce esta publicación en formato digital. La revista se ha insertado en un proceso de mejora continua de sus procesos editoriales, así como de economía, conforme a los tiempos de austeridad que vive nuestra Universidad y la economía nacional en su conjunto.

En los últimos volúmenes se ha mantenido el número de colaboraciones, lo que suele propiciar algunos retrasos en la aparición puntual de la revista, pero ha sido posible mantener la comunicación con un mayor número de autores y revisores y, en especial, ha implicado un acercamiento a los estándares de calidad que exigen los índices de revistas. En nuestra publicación siempre se tiene una alta valoración a las aportaciones de autores, árbitros y editoras, así como el respaldo de la Jefatura del Departamento de Producción Agrícola y Animal, que han resultado fundamentales en el proceso de permanencia y mejora de la revista.

En este contexto, sigue abierta la convocatoria para que investigadores y estudiosos de diversas instituciones nacionales y del extranjero, y desde las diferentes disciplinas relacionadas al desarrollo de las sociedades rurales, producción agropecuaria y pesquera, así como del medio ambiente, propongan aportaciones derivadas de sus investigaciones que coadyuven a atender y entender problemas tan relevantes como la pobreza rural, la inseguridad alimentaria, los bajos índices de productividad vegetal y animal, sostenibilidad y de bienestar animal, así como el desarrollo desigual que han resultado en obstáculos mayores al desarrollo agropecuario, agroalimentario y rural. Por el contrario, existen opciones de abonar a las oportunidades que derivan del actual modelo de desarrollo, como las producciones y los mercados orgánicos, las tecnologías

agroecológicas, prácticas de conservación y restauración de los recursos naturales y fauna silvestre, economía del hogar y participación de la mujer en las actividades rurales, procesos asociativos innovadores y los nuevos hábitos de consumo, por mencionar algunos de los más relevantes.

En este número se presentan ocho contribuciones que revelan el carácter multidisciplinario de la publicación, las primeras tres corresponden a artículos de investigación, cuatro artículos revisión y un ensayo. En el primer artículo de investigación se abordan los *Procesos de configuración de los paisajes en el estado de Guerrero: una perspectiva socio-ecológica*, en el que se analizan las interrelaciones sociales y ecológicas en los territorios del estado de Guerrero, para definir paisajes socio-ecológicos, que son espacios con interrelaciones y dinámicas similares. Se basó en el meta-análisis de una serie de estudios primarios, sobre las cuales se aplicó un marco explicativo y se diferenciaron siete paisajes socio-ecológicos que se clasificaron en tres grandes grupos, que pueden conformar categorías paisajísticas socio-ecológicas representativas de Latinoamérica. En el segundo artículo, se examina *La construcción de ordenanzas municipales y el fomento de la Agroecología en los partidos de Guaminí y Saladillo, Provincia de Buenos Aires, Argentina*, con el objetivo de analizar la noción de *agriculturas alternativas* en un trabajo de carácter cualitativo y exploratorio en dos municipios de la Provincia de Buenos Aires: Guaminí y Saladillo. En esas áreas se encontraron respuestas a los impactos socio-ambientales del modelo hegemónico del agronegocio, así como el emerger agroecológico con connotaciones políticas. Por medio de entrevistas semi estructuradas y el uso de fuentes secundarias de información, se identificaron la transición de políticas de fomento hacia las alternativas productivas y las particularidades de cada caso. Se constató que es posible otro modelo agropecuario que apunte a la sostenibilidad.

En el tercer artículo se estudiaron las *arañas rojas* del género *Tetranychus*, Dufour, que son plagas potenciales y se distribuyen en diferentes estados de México. En la Ciudad de México se han detectado en los cultivos de moringa y pimiento morrón, por ello, el objetivo de este trabajo fue la determinación taxonómica de los ácaros asociados. Se recolectaron muestras durante marzo de 2017 (4 muestreos) y se llevaron a cabo cuatro muestreos en moringa, de septiembre-diciembre de 2018, y en pimiento morrón se realizó de julio a noviembre 2019. El material colectado corresponde a *Tetranychus merganser Boudreaux* (Acari: Tetranychidae) y los daños ocasionados por este ácaro fueron: clorosis, marchitamiento y falta de crecimiento, presentándose en el follaje y sobre el fruto, con pérdidas totales en ambos cultivos. En la cuarta contribución, se presenta un artículo de revisión: *Asistencia al parto y eficacia del ordeño en la*

búfala de agua: aspectos etológicos y neuroanatómicos, cuyo objetivo fue analizar factores fisiológicos y conductuales en procesos clave como el parto y el ordeño, con el fin de evaluar sus efectos sobre el bienestar y los procesos de producción y reproducción de las búfalas de agua. Los hallazgos se organizaron en dos partes: la primera, sobre las tres etapas del parto, y la segunda, en torno al proceso de ordeña. Se concluye sobre la relevancia de mantener el máximo de atención en estos procesos, debido al efecto que tienen sobre el bienestar animal, productividad y rentabilidad de las empresas lecheras bufalinas.

En el siguiente artículo de revisión: *El calostro en la búfala de agua: aspectos inmunológicos, nutricionales y fisicoquímicos* se analizan componentes nutricionales del calostro, y su uso como fuente de energía para producir calor como mecanismo para compensar la inmunidad pasiva de las crías recién nacidas y como fuente de proteínas, ácidos grasos, carbohidratos, vitaminas y minerales para los neonatos en sus primeras horas de vida. Por ello, se discute el proceso fisiológico para producir calostro, describir sus propiedades fisicoquímicas, nutricionales y su transición a leche, analizando los factores que inciden en su calidad y que podrían beneficiar o afectar la calidad inmunológica y nutricional de este líquido. Después se expone *Etnoveterinaria, uso de plantas medicinales y sus subproductos en la ganadería extensiva*, valorando que el impacto de las enfermedades animales es crítico para las comunidades de escasos recursos, y cuyo acceso a la medicina alópata es limitado, por tanto, dependen de los medicamentos a base de plantas y sus extractos como: compuestos fenólicos, alcaloides, saponinas, terpenos y glucósidos. Por ello, es importante estudiar la eficacia terapéutica, evaluar las dosis y la sobredosis, ya que las plantas tóxicas pueden contener compuestos activos con acciones terapéuticas útiles.

En el último artículo se llevó a cabo una amplia revisión bibliográfica para detectar las metodologías para la identificación de los parásitos *protozoarios Blastocystis spp, Entamoeba histolytica, Giardia lamblia y Cryptosporidium spp*, bajo tres métodos principales: microscópicos, moleculares e inmunobiológicos. Se detectó que por estas tres vías se pueden obtener estudios, tanto de diagnóstico como epidemiológicos y ambientales confiables sobre estos parásitos intestinales. Por último, se expone en el ensayo la incidencia del cambio climático, el COVID 19 y la reciente invasión de Rusia a Ucrania y su impacto, tanto en el aumento de los precios en granos básicos, debido al alto costo de insumos como fertilizantes, transporte y energéticos, como en el incremento de personas en pobreza e inseguridad alimentaria, revirtiendo los avances logrados lenta, pero sostenidamente en las últimas décadas.

Finalmente, se reitera que el proceso de mejora general en que está inmersa la revista se mantendrá para que se logre el reconocimiento necesario que atraiga a nuevos autores y lectores, por tanto, son bienvenidas todas las sugerencias y observaciones que coadyuven en este sentido. A la vez, esta publicación está abierta a todas las propuestas académicas de calidad susceptibles de ser publicadas.

Adolfo Álvarez Macías
Director

Política de la Revista

La revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* prosigue con su publicación periódica y cada vez está más cerca de alcanzar la puntualidad en su aparición semestral, gracias a la colaboración tanto de autores como de revisores y cuerpo editorial. También se ha continuado con la mejora progresiva de los mecanismos de evaluación de los manuscritos que se presentan y se han acortado los períodos de respuesta a los autores, lo que permite a la revista responder, cada vez más, a los requerimientos de una publicación de calidad susceptible de ingresar a los índices de revistas más relevantes del país. Para ello, ha sido apreciable el impulso que mantiene el Departamento de Producción Agrícola y Animal, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, que está comprometido en la divulgación de resultados de investigaciones de cuerpo de académicos, como lo mandata su Ley Orgánica. Asociado a lo anterior, es importante la participación de todos los investigadores que consideren a la revista como un canal de divulgación pertinente para los resultados de sus investigaciones.

Prueba de lo anterior es que la revista ha rebasado los 20 años de aparición regular. Desde su origen, la revista se planteó con el objetivo central de comunicar y promover los avances en el desarrollo de las ciencias y campos de conocimiento asociados al estudio multidisciplinario de la producción y las transformaciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales en las sociedades y los territorios rurales, en el marco de un sistema alimentario mundial y regional que no cesa de evolucionar y de marcar nuevos retos de investigación, análisis y evaluación. Las temáticas que se privilegian en esta publicación comprenden los procesos que inciden en la confección de los distintos modelos de producción agrícola, ganadera, silvícola, acuícola y pesquera, así como las actividades inherentes al desarrollo rural y alimentario bajo los métodos de análisis y la aplicación del conocimiento biológico, ambiental, tecnológico y socioeconómico, privilegiando los enfoques multi e interdisciplinarios.

Así, la publicación comprende los cuerpos de conocimientos y métodos de las ciencias biológicas, sociales y ecológicas que tratan de explicar los problemas –científicos, tecnológicos, sociales y culturales– que enfrentan las sociedades en sus territorios rurales, la agricultura, los recursos naturales, la fauna, la alimentación y el desarrollo regional. En ese marco, la revista está implicada en proponer análisis y discusiones que generen, cada vez más, posibles alternativas de solución para problemas y retos locales, regionales, nacionales y globales. De esta forma, *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* se orienta hacia la evaluación de la investigación de frontera y el nivel actual de la discusión entre disciplinas relacionadas con el objeto de estudio. Desde esta perspectiva, se pretende que las distintas contribuciones aborden la temática con rigor científico y con una visión humanista que brinde proyección y sentido a los resultados presentados.

En estos últimos meses existen eventos que marcan el funcionamiento y el devenir de los sistemas agroalimentarios y las sociedades rurales. Por un lado, el cambio climático y sus crecientes repercusiones, que está obligando a modificar o adaptar el manejo de especies, variedades y razas, como a adoptar nuevas prácticas y tecnologías para, por un lado, contrarrestar sus efectos y, por otro, mitigar y, en su caso, restaurar los recursos naturales y potenciar los rendimientos de cultivos y producciones animales. Los efectos de la pandemia del COVID 19 que ha durado más de dos años, también supuso el retiro temporal de varios actores del medio rural y agroalimentario, así como la ruptura de múltiples cadenas productivas que implicó algunas cuestiones positivas, como la regeneración de recursos naturales y descenso de agentes contaminantes, pero también otros cambios negativos más críticos, como la reducción de los ingresos de amplias capas de la población y el descenso de la producción agrícola y animal, generando un aumento de pobreza, de personas en inseguridad alimentaria, de la inflación y la crisis de instituciones, entre otras consecuencias. Finalmente, la invasión rusa a Ucrania ha supuesto otro trastorno mayor, dado que se trata de dos potencias agrícolas que ante el conflicto y las sanciones, aplicadas a Rusia por la comunidad internacional, ha redundado en caos en el mercado internacional de productos agropecuarios y materias primas, especialmente con precios elevados. Ante ello, se intensifica la demanda de mayores investigaciones y análisis que permitan comprender estas dinámicas y, en su caso, contar con información valiosa para formular alternativas e intervenciones que contribuyan a la atención de estos desafíos.

Así mismo, se reitera que la política de la revista promueve la publicación de trabajos que aporten información inédita y original bajo las siguientes cuatro modalidades: i) Artículos de investigación, ii) Artículos de revisión y Notas de investigación, iii) Ensa-

yos y revisiones bibliográficas y iv) Reseñas de libros y de eventos especializados. Así, la publicación se mantiene como un campo abierto, crítico y constructivo que busca enriquecer las explicaciones científicas e interpretaciones que coadyuven al desarrollo rural, agropecuario, alimentario y regional, teniendo como principios rectores: la equidad, la sostenibilidad y la competitividad. Aparte de las contribuciones individuales, también se viene fomentando la edición de números temáticos, desarrollados por grupos formales e informales de investigación, para el abordaje de objetos de estudio comunes bajo distintas ópticas analíticas, métodos de trabajo, e incluso disciplinas. Para los interesados en esta última opción se les invita a contactar a la dirección de la revista para coordinar de la mejor manera posible alternativas de este tipo. En síntesis, esta revista se mantiene como una casa abierta para contribuciones del medio científico, tecnológico y del desarrollo que permitan fomentar y dar sustento al trabajo académico en beneficio de la sociedad en su conjunto.

Finalmente, nos gustaría subrayar que esta revista está inscrita en LATINDEX, así como en PERIODICA, esperando en el futuro cercano avanzar en su inscripción en otros índices similares.

Para más información sobre la publicación, favor de dirigirse a:

Adolfo Álvarez Macías
Director

Procesos de configuración de los paisajes en el estado de Guerrero: una perspectiva socio-ecológica

Jaime Matus Parada,¹

Resumen. *Se analizan las interrelaciones entre los procesos sociales y ecológicos en los distintos espacios que conforman el territorio del estado de Guerrero, con el propósito de definir paisajes socio-ecológicos, entendidos como unidades ambientales con patrones similares surgidos de dicha interrelación. Para esto, se realizó un meta-análisis con el que se integró una serie de estudios primarios, cuyos resultados se trataron como observaciones autónomas sobre las cuales se aplicó un marco explicativo para los distintos espacios del estado. Dicho marco diferenció causas subyacentes, situaciones de acción, causas proximales y efectos ecológicos y sociales. Se diferenciaron siete paisajes socio-ecológicos que no coinciden con las siete regiones en las que se ha dividido oficialmente el estado. Los paisajes identificados se clasificaron en tres grandes grupos, sobre los que se encontraron algunos indicios de que pueden conformar categorías paisajísticas socio-ecológicas representativas de la región latinoamericana.*

Palabras clave: *Paisajes socio-ecológicos, Interrelaciones sociedad-naturaleza, Situaciones de acción, Espacios socio-históricos.*

Abstract. *We analyze the relationship between the social and ecological dynamics in different locations that are part of the State of Guerrero with the aim of identifying socio-ecological landscapes, defined as environmental units with similar and intercorrelated patterns. For this, we conducted a meta-analysis integrating various primary studies in which the results were considered as independent observations to apply an explanatory framework for the different locations of the State. This framework allowed us to differentiate underlying causes, action situations, proximal*

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento El Hombre y su Ambiente, e-mail: montagno_49@hotmail.com.

causes, and ecological and social effects. We determined seven socio-ecological landscapes that did not correlate with the seven regions that the State has been officially divided into. The identified landscapes were further classified into three major groups, which show some elements of representative socio-ecological landscapes of Latin America.

Keywords: *Socio-ecological landscapes, Society-nature relationships, Action situations, Socio-historical spaces.*

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es analizar las interacciones entre la sociedad y la naturaleza que llegan a incidir en la estructura y funcionalidad de los paisajes, así como en el bienestar de los pobladores del estado de Guerrero. La escala del trabajo es regional, definida por los límites políticos que circunscribe a uno de los estados de la República Mexicana, y se plantea que una comprensión de esta naturaleza puede ofrecer mejores posibilidades de aproximarse al diseño de políticas ambientales sustentadas y potencialmente viables, que la ofrecida por un acercamiento a escala local, apto para profundizar, pero que frecuentemente brinda una visión aislada de las dinámicas de gran escala, sin considerar algunos de los impulsores centrales que definen lo que sucede en los espacios territoriales (Long y Qu, 2018).

El enfoque para el estudio es el socio-ecológico que, actualmente, presenta una polémica en el medio académico,² sin embargo, constituye una valiosa perspectiva de análisis para profundizar en el estudio de las dinámicas involucradas en la conformación de paisajes terrestres y marinos.

Dicho enfoque se caracteriza por estudiar las interacciones entre los seres humanos y la naturaleza, las que han sido estudiadas con diferentes marcos interpretativos (Farhad, 2012), algunos de los cuales han incorporado el conocimiento, poder, género, identidad con la naturaleza (Hvalkof, 2013), los procesos culturales, ideológicos y ecológicos (Latour, 2017), el acoplamiento humano-naturaleza (Kramer *et al.*, 2017) o las

² Esta polémica deriva de que en la literatura sobre el enfoque socio-ecológico se han manifestado investigadores que lo fomentan y promueven (Challenger *et al.*, 2015), y detractores que lo inculpan de ser una propuesta teórica neoliberal en busca del mantenimiento del régimen capitalista (Chambers, 2021).

interacciones entre los usuarios de recursos, los recursos naturales en sí y la gobernabilidad (Ostrom, 2011).³

El marco interpretativo al que se adhiere este estudio se caracteriza por diferenciar a los factores explicativos de los sistemas socio-ecológicos en causas subyacentes y proximales (Geist y Lambin, 2002). Las subyacentes son los cimientos o raíz de lo que sucede en los sistemas socio-ecológicos y pueden ser de tipo político y económico,⁴ como de naturaleza cultural, demográfica y hasta natural (Jiménez *et al.*, 2021); las proximales son consecuencias de las subyacentes y representan las causas directas de los efectos socio-ecológicos (Forsyth, 2004), son muy variables; algunos ejemplos son: la destrucción de hábitats, sobreexplotación, especies invasoras o contaminación. En el trabajo se modifica este marco para integrar en él la noción de Elinor Ostrom (2005) de “situación de acción”, para representar así al espacio factible de la actividad humana estructurada por las causas subyacentes⁵ y que a la vez definen las causas proximales (Schlüter *et al.*, 2019a).

El enfoque socio-ecológico se integra a la perspectiva paisajística en este trabajo, para así construir una herramienta de análisis espacial, mediante la cual se definen unidades ambientales en función de las similitudes que presenten en su patrón de conexiones entre los procesos sociales y ecológicos. De esta manera, los paisajes representan unidades del espacio con similares patrones internos que expresan determinadas perseverancias de interacción sociedad-naturaleza.⁶ Con una mirada del espacio como la descrita, los procesos biofísicos o sociales por separado no resultan tan relevantes para definir a los paisajes socio-ecológicos, como lo son sus interdependencias, las cuales resultan medu-

³ Binder *et al.* (2013) realizaron una síntesis de los diferentes marcos para el análisis de los sistemas socio-ecológicos.

⁴ Estas causas subyacentes recuerdan de alguna manera los conceptos marxistas de superestructura y infraestructura utilizados para explicar los procesos que experimentan diferentes tipos de sociedades, pero en la literatura actual se ha encontrado que ellos suelen actuar en interacción con otros procesos causalísticos y que su grado de incidencia para explicar depende de las características y condiciones de los diferentes contextos (Drucker, 2003).

⁵ Es importante aclarar que no se habla de una estructuración determinista, sino de un enmarcando de lo posible, de tal forma que la situación de acción arroja una comprensión de la intervención más factible de los actores sobre los recursos naturales para generar así las causas proximales.

⁶ La teoría del paisaje tiene la virtud de permitir conceptualizar a las fracciones de la superficie terrestre tanto como espacios naturales para estudiar a los procesos ecológicos de los ecosistemas, o como espacios ambientales en donde el interés cambia hacia el estudio de las interacciones entre los procesos antrópicos y ecológicos (Turner y Gardner, 2001).

lares para explicar cómo son y cómo cambian los paisajes socio-ecológicos (Chapin *et al.*, 2009). De esta forma, la estructura explicativa aplicada a los paisajes socio-ecológicos, una vez identificados, se conformó bajo principios relacionales que asumieron la existencia de causas subyacentes que estructuran situaciones de acción que a su vez inciden en causas proximales que afectan directamente a procesos naturales o sociales, tales como la desaparición de especies o el incremento de pobreza o bienestar de grupos sociales (Geist y Lambin, 2002).

METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolla en el estado de Guerrero, ubicado al suroeste de la República Mexicana cuenta con una superficie de 64,281 Km², de la cual se calcula que cuatro quintas partes es montañosa y posee una población de 3,540,685 habitantes, de los que 70.3% se concentra en diez ciudades (INEGI, 2020). En el contexto nacional, Guerrero es el tercer estado más pobre del país y se distingue por tener los índices más elevados de marginación, lo que se ha venido incrementando en los últimos años (CONEVAL, 2019).

La información para realizar este trabajo provino principalmente de un meta-análisis que consiste en un método utilizado para integrar los resultados de una serie de diferentes estudios primarios, cuyos resultados se tratan como observaciones autónomas que luego se combinan para construir una interpretación integral (Hedges *et al.*, 1989). El meta-análisis ha evolucionado desde que se propuso el término por Gene Glass (1976), para así depurar la sistematización de la bibliografía y obtener resultados generalizables de mayor consistencia (Pullin y Stewart, 2006). El meta-análisis surge en las ciencias sociales, pero gradualmente se ha extendido a diversos campos, incluidos los estudios del paisaje (Jiménez *et al.*, 2021). Cheung y Vijayakumar (2016), al igual que otros autores, delinearon las fases del método, de las cuales se retoman aquí las siguientes: definir el tipo de meta-análisis, recopilación de datos, evaluación de datos y definición del tamaño de muestra.

El meta-análisis realizado fue de tipo exploratorio y se empleó una serie de preguntas, surgidas del modelo explicativo como guía para recopilar un conjunto de estudios, los que fueron seleccionados con base en tres criterios generales: a) considerar problemas identificables del estado de Guerrero, b) haber realizado estimaciones directas, sociales o ecológicas en la zona de estudio y, c) explicitar con claridad la ubicación del área de trabajo. Los estudios recopilados fueron de naturaleza variable, por ejemplo, algunos estudios presentaron resultados puntuales del presente, otros fueron longitudinales,

principalmente retrospectivos, otros fueron descriptivos y otros más analíticos, pero como todos estos estudios se complementaron mutuamente para conformar escenarios integrados no se presentaron problemas en su manejo y tratamiento. Con base en el análisis de estos estudios, se generaron hipótesis referidas a los tipos de paisajes socio-ecológicos existentes en el estado de Guerrero.

La recopilación de datos inició en forma preliminar en enero de 2020, para explorar la información existente para las siete regiones en las que se divide oficialmente el estado de Guerrero. Posteriormente, durante el resto del año de 2020 y a inicios del año 2021 se depuró gradualmente el mecanismo de búsqueda para aplicarlo formalmente en junio del año 2021. La plataforma de búsqueda fue Google Académico, utilizando las palabras clave referidas a: los nombres de las regiones, municipios y principales ciudades y poblados del estado Guerrero. A los trabajos encontrados se les analizaba la lista de referencias para ver si se podrían identificar estudios relevantes adicionales, de ser el caso, estos trabajos se agregaban a la muestra del meta-análisis. Se recolectaron un total de 605 trabajos sobre el estado de Guerrero que fueron elaborados desde 1996 a la fecha actual. Estos trabajos de distinta naturaleza: reportes técnicos, artículos científicos, trabajos de síntesis y tesis de grado fueron analizados para ver cuáles de ellos contenían información empírica mediante estimaciones directas o estadísticas, de tal forma que los hallazgos que exponían podían ser soportados por evidencias. De los analizados, 201 artículos cumplieron los criterios de inclusión en el meta-análisis y constituyeron el material de análisis.

Toda la información recopilada de los trabajos seleccionados se analizó y se sintetizó con el fin de identificar los patrones de interacción sociedad-naturaleza en los distintos espacios del estado de Guerrero para diferenciar los paisajes. Para llevarlo a cabo, se aplicó el modelo de la estructura analítica explicativa conformado por: causas subyacentes, situaciones de acción, causas proximales y efectos o resultados (figura 2). Dicho modelo analítico se tradujo a uno operativo para derivar los indicadores a partir de él (ver tabla 1), retomando las sugerencias de Ostrom (2009) de considerar solamente los indicadores suficientes para comprender los efectos o resultados.

Tabla 1. Indicadores derivados a partir del modelo operativo considerando las causas subyacentes y proximales

Tipos de causas	Rubros considerados	Indicadores derivados
Causas subyacentes	Económicas	Actividades económicas Producción agropecuaria Población económicamente activa Aprovechamiento de recursos naturales Costos de retorno Mercados existentes Cadenas de comercialización
	Políticas	Políticas forestales y pesqueras Políticas de solidaridad social Infraestructura institucional Movilizaciones y organizaciones campesinas e indígenas Interacciones entre diferentes actores
	Culturales	Formas de auto-gobierno Prácticas de alimentación y vivienda Rituales y mitos Participación ciudadana
	Demográficas	Poblacional total Población por edades y género Migración Mortalidad y Natalidad Servicios
	Condiciones Naturales	Ecosistemas naturales Biodiversidad de especies Topografía Pendientes

Causas proximales	Destrucción de hábitats naturales	Construcciones humanas Ampliación de frontera agrícola Áreas deterioradas Expansión de actividades productivas
	Sobre-explotación	Tasa de extracción de recursos naturales Degradación de recursos naturales Disminución de recursos disponibles Agotamiento de recursos naturales Actividades ilegales
	Contaminación	Manejo de residuos Calidad del aire, agua y suelo Concentración de contaminantes edáficos Eutroficación hídrica
	Especies invasoras	Porcentaje de especies exóticas Número de especies introducidas Plagas y enfermedades
	Protección y conservación de recursos	Recursos invertidos en investigación Reforestación antrópica Restauración de cultivos abandonados Medidas de cuidado y control de catástrofes

Se consideraron las causas subyacentes clásicas: política, economía y cultura, además se incorporó la demografía dada su importancia en la zona de estudio, así como la “condiciones naturales” debido a la fuerte expresión que tiene la naturaleza en el estado de Guerrero (tabla 1). El uso de las situaciones de acción posibilitó el comprender mejor las causas proximales (Schlüter *et al.*, 2019a) que se retomaron de aquellas documentadas en los estudios considerados. Los efectos y resultados de dichas causas proximales se definieron a partir de la revisión preliminar de la información científica sobre el estado de Guerrero y también con el apoyo de consultas con expertos de la zona de estudio.⁷

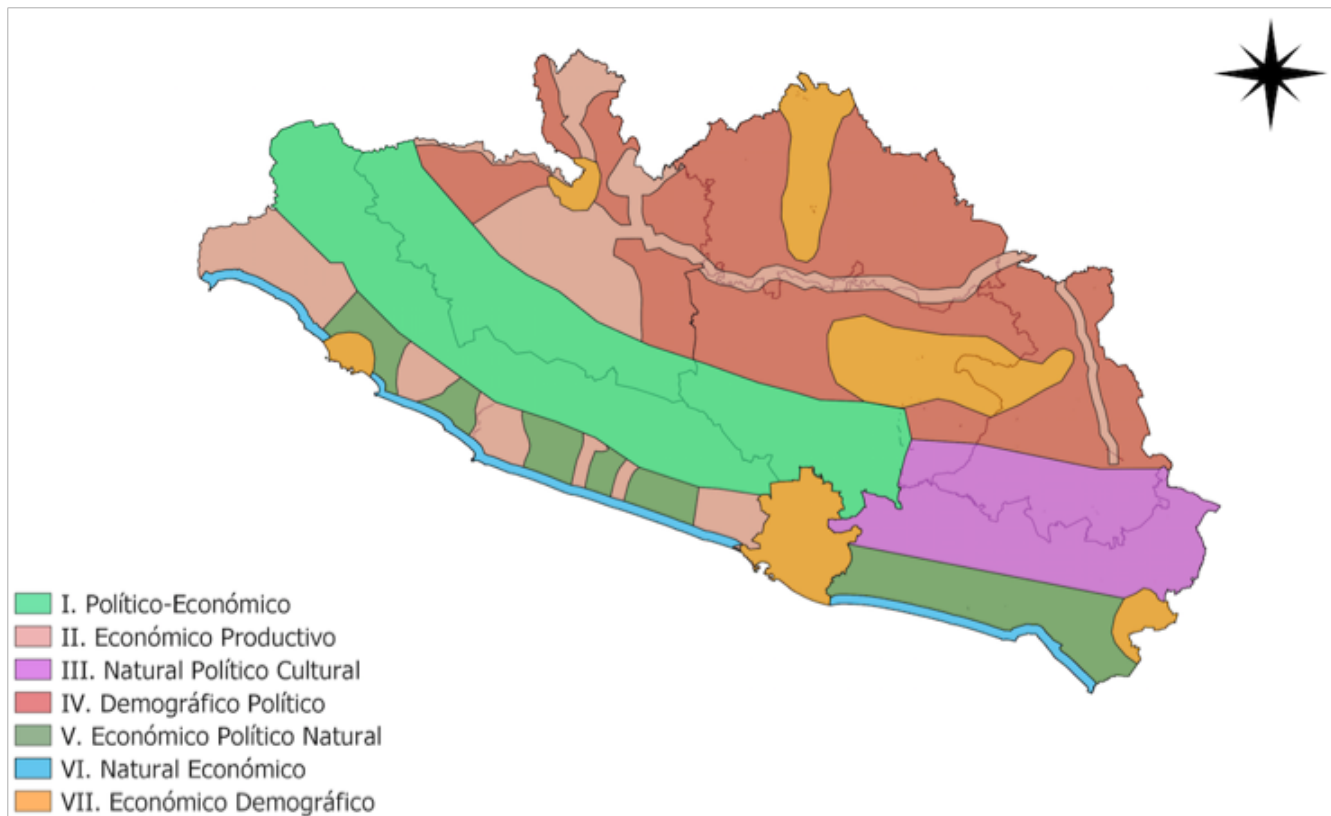
⁷ Los expertos fueron consultados sobre los rubros de las causas proximales que se presentan en la tabla 1. Sus testimonios fueron inicialmente grabados y posteriormente analizados para identificar el significado de los mismos en el contexto que se articulaba alrededor de la estructura nodal que se presenta en la figura 2.

Todos los indicadores obtenidos se procesaron mediante estadísticas descriptivas y visualizaciones gráficas para diferenciar tanto el tipo de interacciones entre ellos, como la relevancia que tenían en los distintos espacios. La interpretación de los indicadores se realizó con base en una estructura nodal (Figura 2), de tal forma que se articulaban para conformar un escenario explicativo del patrón de vinculación sociedad-naturaleza y conformado a partir de las relaciones más significativas entre los indicadores. Finalmente, se agruparon los espacios que manifestaban similares patrones de interacción sociedad–naturaleza y se tipificaron como paisajes socio-ecológicos con distintos atributos interrelacionales.

RESULTADOS

El análisis de los distintos trabajos permitió develar que en el estado de Guerrero se manifiestan siete paisajes socio-ecológicos, los cuales fueron identificados a partir de las causas subyacentes que inciden en mayor medida en su conformación. En la figura 1 se presenta la extensión, distribución y nombre de cada uno de los paisajes identificados y, como podrá observarse, no coinciden con las siete regiones en las que se ha dividido oficialmente el estado, esto debido a que ellas no conforman espacios con similares formas de interacción entre sus habitantes y su entorno, sino que al interno de cada región se pueden encontrar distintas manifestaciones de esta interacción. Así, en cada región oficial del estado se expresan distintos paisajes socio-ecológicos, algunos de los cuales se presentan en diferentes regiones. Así, por ejemplo, en la Costa Chica se identificaron cuatro paisajes, tres en la Región de Montaña, cuatro en la Región Centro, dos en la Región Norte, tres en Tierra Caliente, cinco en la Costa Grande y uno en Acapulco.

Figura 1: Ubicación y distribución de los siete paisajes socio-ecológicos delimitados



I. El Paisaje Político-Económico conforma una superficie terrestre continua que se encontró localizada en la parte occidental de la Sierra Madre del Sur y se extiende hasta la parte central del estado, abarcando las regiones Centro, Tierra Caliente y Costa Grande (Figura 1). Todo el paisaje posee una orografía montañosa, por lo que los principales recursos naturales que se encuentran en él son Bosque de Pino, Bosque de Encino y Bosque Mesófilo de Montaña (Neri *et al.*, 2018). Las causas subyacentes prioritarias fueron políticas y, en segunda instancia, las económicas, esto es así porque comprende la mejor zona forestal del estado, 60% de la cual son propiedades ejidales y comunales. La prioridad de lo político aquí se originó por la aplicación de normas jurídicas de concesión que otorgaron durante años el derecho de explotación a empresas particulares (Bustamante, 2003), generando con ello una economía desigual, cuyos beneficios se concentraron en los

concesionados.⁸ En esos años, los procesos económicos quedaron subyugados a las normas de concesión y de extracción, donde las comunidades eran dueñas de la tierra, pero otros tenían los derechos de uso (Merino y Segura, 2007). Este marco de desigualdad social generó que los campesinos quedaran excluidos del control forestal, situación que se extiende hasta ahora cuando la infraestructura forestal se ha destruido debido a su abandono. Esta circunstancia se complica actualmente debido a que en este paisaje han venido arribado otros campesinos que huyen de la violencia en otros lugares del estado, principalmente de la región de Tierra Caliente (Hernández, 2019). La economía actual del paisaje descansa en actividades agropecuarias, promoviendo con ello situaciones de acción de un uso de recursos que los deterioran, pues fomentan la expansión de la frontera agrícola en detrimento de la forestal y una degradación hormiga del bosque,⁹ mediante causas proximales tales como: la sobre-explotación forestal, a la que ahora se le suma la expansión agrícola, así como la degradación continua y paulatina de los hábitats forestales. Los resultados sociales de la interacción de estos procesos ha sido el incremento en la pobreza de los habitantes del lugar, y los impactos ecológicos han sido la fragmentación y degradación de los bosques.

II. El Paisaje Económico Productivo ocupa una superficie terrestre discontinua, pues sólo se presenta en donde llegan a confluír una buena disponibilidad de agua, suelos planos y ricos en nutrientes, así como condiciones climáticas favorables para el crecimiento vegetal; como estas condiciones suelen cumplirse en algunos márgenes de los ríos, este paisaje tiende a asociarse a esos lugares. Este paisaje es predominante en la región de Tierra Caliente y se presenta recurrente e intermitentemente en la Costa Grande y en forma esporádica en la región Centro y de la Montaña (Figura 1). La causa subyacente más relevante en este paisaje es de tipo económico: la incorporación de estos valles fértiles al proceso de modernización agrícola. Por limitaciones de solvencia financiera, dicha inserción no fue realizada por los campesinos, sino por inversionistas locales a los que posteriormente se les sumaron capitalistas agroindustriales nacionales y trasnacionales

⁸ De 1940 a 1972, 80% de la superficie forestal fue explotada por las empresas privadas; de 1972 a 1987 la explotación del bosque estuvo a cargo de la paraestatal Forestal Vicente Guerrero, y desde 1986 se dio por concluida la política de otorgamiento de concesiones y sólo se autoriza a los dueños de la tierra la expedición de permisos forestales (Rodríguez y Acosta, 2005).

⁹ Otra situación de acción alternativa la conforma la respuesta de los habitantes, campesinos e indígenas del lugar que han impulsado diversos movimientos, los cuales con frecuencia han involucrado conflictos violentos (Ribeiro, 2019).

(Bustamante, 1996). Así, desde la década de 1970, las élites capitalistas locales dieron gradual paso a ricos agricultores recién llegados, algunos de los cuales parecen haber transado con el narco para así cambiar la imagen regional (Montes, 2009). Entre 2005 y 2010 casi 200,000 hectáreas fueron entregadas por el Gobierno Federal a empresas de poder internacional, con lo que se conformó una renovada oligarquía regional, a la cual se le han anexado más recientemente los conglomerados de cohorte mafioso, interesados en la extracción agrícola y ahora también en la minera y así instaurar renovados mecanismos de ejercicio hegemónico (Gasparello, 2017). Las situaciones de acción estructuradas han sido el uso impuesto de prácticas agrícolas y ahora también mineras.¹⁰ Las causas proximales generadas de esta forma son la sobreexplotación de los valles fértiles, así como el uso inadecuado de los recursos naturales, particularmente ahora que se ha incrementado la actividad minera, con la consecuente contaminación por sustancias nocivas. Los resultados sociales de esto han sido el incremento de la desigualdad y la marginación social, así como la migración de sus habitantes con sus contradictorios efectos sobre el bienestar.¹¹ Los efectos ecológicos sobre el paisaje han sido la homogenización mediante el establecimiento de áreas agrícolas y la sustitución de los ecosistemas naturales; la ruptura de la conectividad paisajística para todas aquellas especies que utilizan los embalses en su ciclo de vida y, finalmente, impactos ecológicos puntuales y aislados debido al tipo de insumos utilizados en la actividad extractiva agrícola, ganadera y minera.

III. El Paisaje Natural Político Cultural ocupa una superficie terrestre continua en el sureste del estado de Guerrero, principalmente entre las regiones de Montaña y Costa Chica, así como una pequeña área de la Región Centro (Figura 1). Es una zona predominantemente montañosa que forma parte de la Sierra Madre del Sur, pero se caracteriza por su población predominantemente indígena, sobre todo de origen nahua y mixteco o tlapaneco, que convive con una fracción menor de población afrodescendiente y mestiza (Bonilla *et al.*, 2005), los que, en conjunto, conforman una masa de habitantes que se encuentran en

¹⁰ Pero para otro sector de la población la alternativa de acción consistió en reubicarse en el Estado, o bien en realizar emigraciones más o menos permanentes a destinos nacionales o internacionales, para así integrarse a las masas migrantes de jornales agrícolas. En particular esto se destacó en los paisajes ubicados en la región de Tierra Caliente, y sobre todo en el quinquenio del 2000 al 2015, el cual se caracterizó por un grave despostramiento (Martínez y Cadena, 2016).

¹¹ Hay que tener en cuenta que de la migración dependen las remesas, las cuales frecuentemente han incidido en la mejora de vida de varias familias (Díaz y Juárez, 2008).

pobreza multidimensional, la mayoría de ellos (González y Maldonado, 2014). La causa subyacente que se consideró prioritaria en este paisaje es la condición biofísica del Bosques de Pino Encino y Encino Pino que predomina en el lugar (Castro y Peñaloza, 2019). La riqueza natural de este paisaje ha actuado conjuntamente con procesos político-culturales para incidir en las comunidades que aquí habitan, tales procesos han resultado conflictivos porque la acción gubernamental dirigida a sus habitantes no ha tomado en cuenta las potencialidades locales, ni la diversidad étnica y cultural que predomina en el lugar, lo que ha hecho aflorar conflictos entre las formas tradicionales de gobierno de los grupos con las políticas de desarrollo estatal (Félix y Canabal, 2019). Estos conflictos se encuentran detrás de la actual riqueza forestal empobrecida que ha estado siendo sustituida por bosques tropicales caducifolios y por ecosistemas de transición secundarios arbustivos (Cervantes *et al.*, 2014). Frente a este panorama, las situaciones de acción estructuradas han sido de tres tipos: defensa de su identidad, migración y uso de subsistencia. La defensa de su identidad se ha centrado en el rescate de sus formas de organización comunitaria y capital social (González y Maldonado, 2014), así como las formas tradicionales de acceso y construcción del poder local: Consejo de Ancianos, Consejos Supremos, Asambleas Comunitarias y otras formas de organización comunitarias. La migración se da con mayor intensidad en este paisaje que en los otros, haciéndose notar en poblaciones envejecidas, escasez de mano de obra y falta de diversificación económica (Martínez y Cadena, 2016). El uso de subsistencia es la situación de acción más estrechamente ligada con las causas proximales representadas por la sub-explotación forestal, el incremento en la extensión de suelo agrícola, causa a la cual se le suma el cultivo de drogas y que, a la postre, termina con el abandono de tierras con diferentes grados de deterioro (Merino, 2000). Se ha documentado que la migración y el uso tradicional de los recursos naturales están relacionados, ya que la primera está generando los ingresos necesarios para sustentar prácticas de subsistencia que no tienden a respetar los ciclos de fertilidad natural de dichos recursos (Cervantes y Ochoa, 2004). Los efectos sociales que esto genera son el incremento de la pobreza y la emigración local; los efectos ecológicos por su parte son la contracción de las zonas boscosas, la degradación vegetal y edáfica, así como la disminución de la resiliencia de los ecosistemas al cambio climático.

IV. *El Paisaje Demográfico Político* conforma una superficie discontinua en la parte norte del estado, abarcando casi toda la región Norte y fracciones de Tierra Caliente, Centro y Montaña (Figura 1), su orografía es muy irregular, pero predominantemente dominadas por montañas y lomeríos; los principales recursos vegetales son la selva baja y mediana caducifolia, pero también presenta pequeñas áreas forestales de diferente tipo (Gonzá-

lez, 2012). La principal actividad económica es la agricultura de temporal combinada con una ganadería extensiva de bovino criollo, ovino, caprino, porcino y aves de traspatio (SAGARPA, 2002), que suele presentar una marginación alta (CONAPO, 2001). La causa subyacente más relevante fue la demográfica debido a la intensa dinámica poblacional, la que se combina con una política comunitaria local que se aplica a través de distintos mecanismos, por ejemplo, la Coordinadora Regional de Autoridades Comunitarias. La dinámica poblacional es muy propia de este paisaje con una migración de tipo familiar, en la que tanto hombres como mujeres, con edades que oscilan predominantemente entre 15 y 59 años, migran regularmente (Sepúlveda, 2015). Este movimiento demográfico representa diversas cosas, por un lado, encarna la forma en que las poblaciones locales interactúan de algún modo con la globalización mediante el flujo de personas. Por otro lado, simboliza la forma en cómo los jornales se insertan en los mecanismos de valoración en esta fase capitalista, denominada “acumulación por desposesión” a través de la venta de su fuerza de trabajo (Harvey, 2004). También constituye un recurso indispensable para el desarrollo de las prácticas agrarias, pues las remesas generadas por la migración además de brindar el capital, genera interacciones con actores exógenos, facilitando coexistencia, adecuación y, en el mejor de los casos: innovaciones de prácticas agrarias (Vázquez *et al.*, 2009). Por estas razones, las situaciones de acción se estructuran alrededor del uso tradicional de los recursos naturales, la participación en la gestión comunitaria y la migración laboral, conformando condiciones que tienden a repercutir en las causas proximales de transformación y expansión agrícola, contaminación agroquímica, destrucción de hábitats naturales y debilitamiento de la resiliencia al cambio climático. Los efectos sociales que esto conlleva son el mantenimiento de las condiciones de pobreza, y los paisajísticos son la degradación de ecosistemas naturales y la fragmentación del paisaje.

V. *El Paisaje Económico Político Natural* ocupa una superficie continua en la región de la Costa Chica e intermitente la región de la Costa Grande (Figura 1), en ambas regiones se ubica cuando termina la montaña y empieza la costa, por eso se le ha llegado a denominar Costa-Montaña en su calidad de frontera entre ambas regiones (INEGI, 2015). Su orografía está compuesta por lomeríos y montañas bajas en donde predomina la mezcla de Selvas Bajas y Medianas Caducifolias y Subcaducifolias, con algunos parches pequeños y aislados de Bosques de Pino y de Encino. Se ha documentado que 88% de sus habitantes viven en situación de pobreza y 56% en pobreza extrema (SEDESOL, 2014). La causa subyacente principal del paisaje es económica, debido a que existen una variedad de sistemas productivos articulados en una economía mixta que combina la agricultura tradicional con la comercial, esta última funcionando a través de pactos mercantiles con

intermediarios y empresas que conforman monopolios locales. En el ámbito político sucede algo similar, pues suele ser común que los comisariados se financien con las rentas que obtienen de las concesiones otorgadas al sector extractivo de minas y bosques (Gaussens, 2019). En estos paisajes resulta común que el grupo de control local, usualmente ganaderos y comerciantes, sustente su fuerza en las relaciones que puedan establecer con los partidos políticos en el poder y con los funcionarios municipales en el cargo (Rodríguez, 2005). En algunos lugares de la Costa Chica, a este poder económico y político se refuerza ahora con pactos entre funcionarios locales con el crimen organizado, a tal punto que en esas áreas la policía municipal se encuentra subordinada a grupos delincuenciales por orden de las presidencias municipales (Gaussens, 2020). Frente a este escenario, los habitantes tienen dos situaciones de acción posibles: usar los recursos naturales en forma deteriorante para responder a las necesidades de los monopolios locales, o bien, organizarse para participar en la gestión de los recursos naturales incorporándose a sistemas comunitarios de gobierno (Gaussens, 2019). Las causas proximales que genera este escenario son el abandono de tierras, la destrucción de hábitats y, un fenómeno más reciente, que se ha llegado a llamar el narco-deforestación, ya sea por la siembra directa de amapola, o bien, porque los campesinos se ven obligados a la producción de bienes que exigen los delincuentes que ahora operan como microempresarios de la violencia (Berber, 2017). Los resultados sociales de esto es una mayor exclusión social para los campesinos e indígenas, y los efectos ecológicos son la degradación de ecosistemas naturales y la fragmentación de los paisajes.

VI. *El Paisaje Natural Económico* se encuentra a lo largo de la línea de costa y se ubican en él 30 localidades pesqueras: 19 en Costa Grande y 11 Costa Chica (Villerías *et al.*, 2012), cuenta con 10 sistemas lagunares costeros con una superficie de 190.3 K² (Figura 1). La actividad pesquera se combina con agricultura, ganadería y con el aprovechamiento de especies silvestres como el manglar (Castillo *et al.*, 2021). La mayor parte de su población humana presenta índices de marginación medianos y altos (INEGI, 2020). Se ha documentado que sus recursos naturales, pesqueros y no pesqueros,¹² se encuentran en riesgo debido a una explotación inadecuada (Cerros *et al.*, 2021). En el caso de los recursos pesqueros, la amenaza se debe a la presión de uso ejercida sobre un núme-

¹² Los ecosistemas más amenazados son los humedales y en especial los manglares, con toda la enorme riqueza biológica de especies vegetales y animales asociada a ellos (Castillo *et al.*, 2021).

ro reducido de especies (Galeana, 2018); la pesca depende del aprovechamiento de 41 especies de peces, algunas de las cuales: jurel, ronco y sierra se encuentran sobreexplotadas (Sandoval *et al.*, 2020). Las causas subyacentes de este paisaje es el entorno natural debido a que la mayor parte del bienestar humano se sustenta en los ciclos productivos de ecosistemas silvestres en los que falta conocimiento; hay una concentración de la actividad pesquera en pocas especies, además falta infraestructura adecuada y está presente una economía de mercado centrada en canales de comercialización monopolizados por intermediarios (Villerías y Sánchez, 2010). En este contexto una situación de acción estructurada es un aprovechamiento que frecuentemente violenta los ciclos naturales productivos, situación que merma gradualmente a los ecosistemas acuáticos, a lo que se suman los disturbios causados por factores naturales y por acciones antrópicas no pesqueras (Galeana, 2018). Una segunda situación de acción es la gestión, la cual se centra en los esfuerzos de los habitantes costeros por organizarse en cooperativas que resultan débiles por la falta de conocimiento sobre los procesos ecológicos y frente a la carencia de construcción de alternativas para contender con los procesos de comercialización que no tienden a favorecer a los pescadores (Castro *et al.*, 2016). La tercera situación de acción es la movilización social para proteger al entorno, debido a que algunas sociedades cooperativas se convierten en guardianes de la naturaleza ante el embate de iniciativas privadas o gubernamentales desarrolladas bajo la lógica capitalista de obtener la mayor ganancia y que tienden a generar grandes perturbaciones costeras (Añorve *et al.*, 2018). La situación descrita da pie a causas proximales contradictorias, ya que por un lado existe una sub-explotación de los recursos marinos y humedales, pero por otro se manifiestan evidencias de sobreexplotación de algunas especies (Cerros *et al.*, 2021). También existen denuncias de uso inadecuado de recursos (Galeana, 2018), así como de contaminación por desechos (Sandoval *et al.*, 2020). Los resultados sociales de todo esto es la desarticulación comunitaria y el incremento de la pobreza; y en lo que respecta a los ecológicos, la disminución de la resiliencia de los ecosistemas naturales ante el cambio climático.

VII. *El Paisaje Económico Demográfico* es intermitente, pues solamente se produce al interior y en los márgenes de las más grandes ciudades del estado, por ello ocupa toda la región de Acapulco y abarca pequeñas fracciones del resto de las regiones oficiales (Figura 1). Estos paisajes se distinguen, en parte, por su buena comunicación en un estado caracterizado por tener la menor densidad de vías carreteras en la República Mexicana, por lo que se han definido como los espacios de conexión centrada (Villaseñor *et al.*, 2017). La causa subyacente central en estos paisajes son los procesos económicos, que en el caso de este estado se asocian con los ingresos generados por la actividad turística en

algunas ciudades y, en otras, por la actividad comercial. Estos ingresos sustentan la generación de muchos tipos de empleos, contribuyendo a la terciarización de la estructura económica del estado y han posibilitado el desarrollo de una infraestructura en forma de caminos, electrificación, servicios de salud y agua potable, y de esta forma contribuir en la mejora del bienestar social (Osorio *et al.*, 2018). Estos procesos económicos estuvieron aparejados inicialmente con una expansión demográfica, la que trajo una serie de problemas asociados y que estructuró situaciones de acción orientadas a la expansión de los servicios y al control de las externalidades urbanas como la contaminación. Aquí las principales causas proximales han sido la destrucción de hábitats naturales, la contaminación urbana e industrial y la introducción de especies invasoras. Gran parte de estas causas se originaron porque la terciarización que provocó el crecimiento urbano no fue genuina,¹³ además de que dicho crecimiento se produjo de una forma acelerada y caótica, que no dio cabida a una planeación urbana adecuada que contemplara tanto la oferta de servicios, como la planificación de espacios verdes, así como el control de especies exóticas, tal como ha ocurrido en otros lugares (McGregor *et al.*, 2020). Los efectos sociales de esto se concentraron en algunos sectores sociales, los que han carecido crónicamente de servicios públicos y de problemas de seguridad, situación que se ha agravado recientemente, dado que varias de estas ciudades también han atraído a grupos criminales organizados que han incrementado la violencia hasta el grado de generar desplazamientos forzados (Hernández, 2019). Para los sistemas ecológicos, la expansión física de las manchas urbanas ha sustituido o alterado ecosistemas naturales, además del desplazamiento de hábitats de especies (Carrascal y Pérez, 1998), así como ha tenido cierto efecto en la homogenización de los paisajes.

¹³ Weller (2004) diferencia a la terciarización genuina de la espuria. En la primera, los empleados en servicios tienen diferentes capacidades, tales que generan incrementos en el producto de los sectores primarios y secundarios a través de sinergias que resultan del desarrollo terciario. La terciarización espuria, en cambio, está asociada con el desarrollo de aquellos servicios con pocas barreras de acceso, con baja productividad, mala remuneración y limitado impacto en la competitividad de la economía.

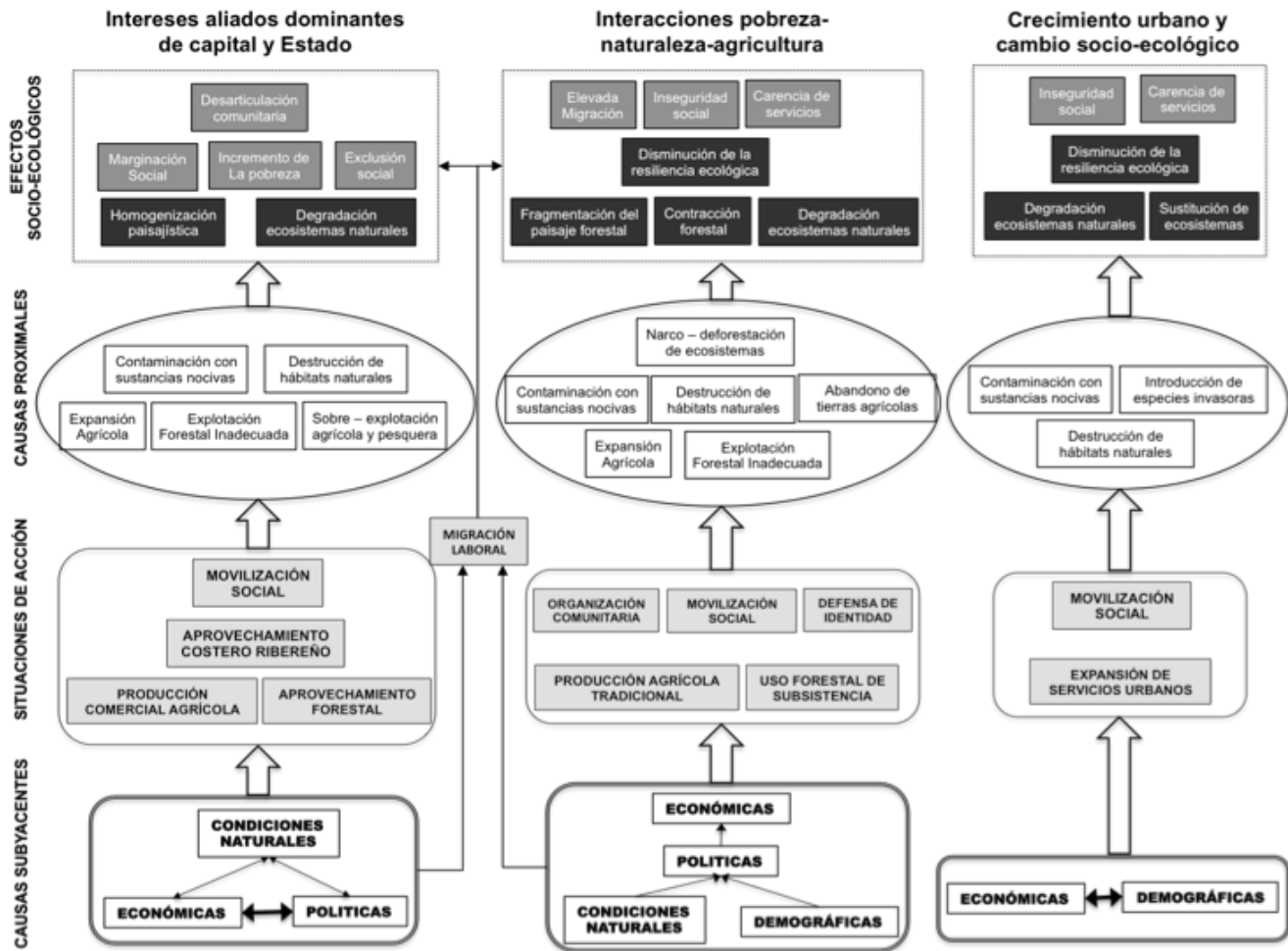
DISCUSIÓN

Las interacciones sociedad naturaleza en el estado de Guerrero

Se han empleados distintos enfoques en el análisis de las relaciones de causalidad entre los procesos sociales y ecológicos,¹⁴ y hasta ahora no existe un modelo explicativo predominante de dicho fenómeno (Bodin *et al.*, 2019), esto seguramente se debe en gran parte a que cada espacio presenta una compleja experiencia enraizada en su historia y sus atributos naturales y sociales internos. Sin embargo, la variación de los espacios debido a sus particularidades puede ser agrupada en categorías más amplias; así, en el estado de Guerrero se pueden distinguir tres grandes clases de paisajes: en la primera categoría se identifica a los paisajes con notorios desbalances de poder, en el que, por un lado, se encuentra una evidente alianza del capital con el Estado y, por el otro, están los usuarios directos de los recursos, representados por los indígenas y campesinos (Figura 2). Una segunda clase de paisajes es aquella que se presenta en los espacios que no cuentan con grandes recursos ecológicos valorados social y económicamente, y en donde se presenta una relación entre pobreza y deterioro ambiental. La tercer categoría de paisaje es de tipo urbano, conformada por espacios dispersos y en constante crecimiento, generando de esta forma consecuencias socio-ecológicas. La importancia de estas categorías tal vez no sea sólo local, pues es probablemente que estas categorías sean representativas de la región latinoamericana, ya que en dicha región, se han documentado contextos similares a los encontrados aquí, por ejemplo, espacios en donde la alianza Estado—Empresa ha usufructuado los recursos de comunidades nativas (Escobar, 2014; Alimonda, 2019); también se ha encontrado en varios lugares de la región la relación entre pobreza y deterioro de los recursos naturales (Montoya *et al.*, 2021), así como el desarrollo de ciudades con grandes repercusiones negativas al entorno ecológico de las mismas (Quiñonez *et al.*, 2020).

¹⁴ En realidad, los modelos explicativos de los sistemas socio-ecológicos son simplificaciones acordadas, pues éstos son sistemas complejos en donde las interacciones entre los procesos sociales y ecológicos dan lugar a patrones, estructuras y dinámicas socio-ecológicas emergentes que retroalimentan a las entidades y procesos que las generaron, conformando así un entramado interactivo causalístico (Schlüter *et al.*, 2019b).

Figura 2. Representación de las principales causas subyacentes, situaciones de acción, causas proximales y efectos socio-ecológicos en las tres grandes clases de paisajes encontrados en el trabajo



* Los indicadores utilizados de las causas subyacentes y proximales se presentan en la tabla 1.

Fuente: elaboración propia.

Intereses aliados dominantes de capital y Estado

Cuatro paisajes socio-ecológicos del estado de Guerrero denominados aquí como: (I) *Político-Económico*, (II) *Económico-Productivo* (V). *Económico-Político-Natural* y (VI) *Natural-Económico* se ubican en esta clase, caracterizada por presentar condiciones que han posibilitado la instauración de un sistema de dominación que estructura la actividad de los usuarios directos de los recursos mediante relaciones de poder y sometimiento. Ya desde hace tiempo, en la literatura se ha reconocido la forma en que una perspectiva de poder específico, referida a las desigualdades entre diferentes actores, inciden en la extracción, conservación y uso de los recursos naturales (Van Assche *et al.*, 2017). Y aunque todos estos paisajes tienen un común denominador, se diferencian entre sí por las relaciones de dominación específicas que tiene su configuración y su relativa autonomía y que, en la literatura sobre el tema, se reconocen como paisajes políticos (Baird, 2014). Las diferencias entre estos paisajes representan un ejemplo de lo que Foucault (1988) expresó como la multiplicidad de poderes que se pueden ejercer en la esfera social. Así, por ejemplo, en el paisaje *Político-Económico*, el condicionante del poder identificado resulta similar al expuesto por Robbins (2000), como la corrupción de un sistema institucionalizado de interacción naturaleza—sociedad, forjado a partir de una alianza entre una élite económica y las autoridades municipales, estatal y federales que, en conjunto, forman un “poder de exclusión” (Hall *et al.*, 2011) que, por lo menos temporalmente, substrajo a los campesinos e indígenas de sus propios recursos para convertirlos en extractores sometidos. En el paisaje *Económico-Productivo* se forjó un “poder de estratificación social” (Sheehan *et al.*, 2018) a través de mecanismos, donde el capital local, nacional e internacional impulsó la intensificación agrícola, con lo cual también se reforzó una estratificación social de una clase capitalista y una clase campesina explotada. En los otros dos paisajes nombrados aquí como: *Económico-Político-Natural* y *Natural-Económico* se encuentra una fuerza más sutil que estructura la actividad de los usuarios de recursos y que puede ser definida como el “poder del mercado”. Dicho poder se sustenta en el trabajo campesino de sus parcelas, en el caso del primero, y en la captura pesquera en el segundo. Tanto la producción agrícola, como el aprovechamiento pesquero, se comercializa atendiendo a la demanda de un mercado que define lo que debe producirse o aprovecharse en función del control que ejerce sobre los precios de los productos agrícolas o pesqueros.¹⁵

¹⁵ En la literatura se ha reconocido que esta articulación de la producción campesina a un mercado más global constituye con frecuencia uno de los factores que incide en la estructuración de los territorios rurales latinoamericanos (Peraza y Velázquez, 2020).

Interacciones pobreza-naturaleza-agricultura

En dos de los paisajes identificados: (III) *Natural Político Cultural* y (IV) *Demográfico Político* no se encontraron relaciones de dominación tan evidentes como en los paisajes arriba señalados, sino lo que se detectó fue lo encontrado en varios lugares del mundo: una relación entre pobreza y deterioro ambiental (Baloch *et al.*, 2020). En estos paisajes, salvo la industria minera que recientemente se ha venido impulsando en localidades específicas, no se detectaron evidencias de intromisiones históricas de capitales que buscaran controlar amplios espacios terrestres, sino lo que se manifiesta es el crecimiento demográfico de usuarios directos de los recursos: campesinos e indígenas, con acceso limitado a tierras, los cuales habitan en espacios terrestres caracterizados por su baja rentabilidad: en suelos con grandes pendientes, bajos en nutrientes, escasos de agua y con exiguos recursos silvestres de flora y fauna. La conjunción del incremento de la población y el aprovechamiento al máximo de los recursos disponibles que suelen ser de baja productividad y de una alta fragilidad, ha provocado, en estas regiones, una elevada presión agrícola y ecológica que frecuentemente llega a sobrepasar la capacidad normal de recuperación de los suelos y de la cubierta vegetal. Se ha documentado que para que la pobreza llegue a incidir negativamente sobre los sistemas naturales, deben conjugarse diversos factores, como fallas del mercado, falta de desarrollo institucional y la carencia de tecnologías autóctonas compatibles con la conservación de los recursos (Rai, 2019); factores que ciertamente se hacen presentes, pero de forma diferente en los dos paisajes incluidos en esta categoría. De esta manera, en el paisaje *Natural Político Cultural*, que se caracteriza por ubicarse en una región montañosa y con abundantes asentamientos étnicos, la degradación ecológica responde en mayor medida a los conflictos territoriales que surgen entre los diferentes grupos y a la alta dependencia que muestran estos grupos de sus recursos ecológicos, dependencia que también en otros lugares se ha asociado con deterioro ambiental (Masron y Subramaniam, 2019). El otro paisaje incluido en esta categoría denominado *Demográfico Político*, se caracteriza por su abundancia de selva baja caducifolia que se desarrolla en terrenos heterogéneos, con marcada escasez de agua y con suelos pobres en nutrientes. La producción agrícola en estos tipos de espacios requiere de tecnologías agroecológicas que no se han desarrollado ni adoptado en ese lugar, provocando lo que ha sucedido en muchos lugares de este tipo: prácticas agrícolas insostenibles que tienden a degradar rápidamente los espacios productivos, lo que a su vez lleva al abandono de cultivos y a la expansión continua de la agricultura (Olanipekun *et al.*, 2019).

Crecimiento urbano y cambio socio-ecológico

Solamente el paisaje denominado (VII) *Económico Demográfico* es el que se ubica en esta categoría y representa la forma en que el crecimiento de las ciudades implica un proceso de cambio socio-ecológico, que se realiza a través de formas dominantes de urbanización. En Guerrero, al igual que en varias partes del mundo, se detectan procesos políticos a través de los cuales se hacen y rehacen condiciones urbanas socio-ambientales particulares que tienden a favorecer a unos sectores sociales, a la vez que se desatienden a otros que carecen de electrificación, servicios de agua potable y de infraestructura comunicativa adecuada (Heynen *et al.*, 2006).

En las ciudades de Guerrero predominan los sectores sociales con grandes limitaciones para participar en la planeación colectiva de las ciudades por su falta de acceso a activos y de estructura de oportunidades (Castro y Salinas, 2018). En cuanto a los efectos socio-ecológicos del crecimiento de las ciudades, lo que se detecta es una compleja demanda que mantiene la vida urbana, como, por ejemplo, el agua, los alimentos, las computadoras y una infinidad de insumos de diferente tipo (Swyngedouw, 1999); esa demanda requiere del desarrollo de una infraestructura de abastecimiento que tiene implicaciones ecológicas y sociales desconocidas. De lo que sí se conoce, es que existe un desplazamiento creciente de áreas naturales debido a la expansión física de las áreas urbanas que, como en múltiples lugares del mundo, genera impactos duraderos en los paisajes y los medios de vida (Güneralp *et al.*, 2020). Por otra parte, las externalidades que generan las ciudades de Guerrero son desconocidas en forma específica y cuantificables, por lo que se supone que depende de los tipos de sectores económicos existentes en las distintas ciudades, dado que eso es lo que se ha encontrado en otros lugares (Pan *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

Las interacciones entre la sociedad y la naturaleza que se producen en los paisajes son construcciones socio-históricas, las cuales adquieren particularidades específicas a partir de las articulaciones que se generan entre distintos procesos, entre los ellos destacan los ecológicos, económicos, políticos, culturales y demográficos. El análisis de la región del estado de Guerrero nos muestra que coexisten diferentes unidades espaciales que poseen propiedades distinguibles, pero que ello no las convierte en exclusivas, porque en cada unidad espacial se puede aprender lo que conforma su particularidad, pero tam-

bién lo que en ellas hay de una generalidad. Desde esta lógica, los paisajes guerrerenses son resultado de procesos socio-históricos singulares, pero también representan casos generalizables para América Latina. Frente a estos paisajes, el reto de los latinoamericanos es identificar opciones de cambio para salir de estas situaciones de acción estructuradas antagónicas al bienestar colectivo y a la conservación ecológica.

La prioridad de las opciones de cambio parece ser diferente para las tres grandes clases de paisajes identificadas aquí. Es de esta forma que, para la clase de paisajes diferenciada como “intereses aliados dominantes de capital y estado”, en cuya conformación intervienen claras relaciones de dominación impuestas por coaliciones de empresas—gobierno, se hace más relevante trabajar sobre alternativas de tipo socio-institucionales, orientadas a fortalecer la capacidad de los habitantes de las comunidades para organizarse y negociar bajo condiciones menos desiguales y, con ello, limitar los poderes de exclusión de estratificación social o de mercado.

En la segunda clase de paisaje identificada como “interacciones pobreza-naturaleza-agricultura”, aparece como de mayor prioridad las alternativas de tipo socio-técnicas, las que brindan a sus pobladores opciones de aprovechamiento y producción diferentes al modelo sustentado en el uso de insumos químicos, semillas mejoradas y en la intensificación de la explotación de los suelos. Estas alternativas tendrían que orientarse a modelos de menor carga ecológica, sustentados en especies nativas y respetando los ciclos ecológicos y dirigidos a la construcción de una soberanía alimentaria. Con alternativas de este tipo se podrían reducir los disturbios ecológicos propios de la pobreza, al verse los campesinos en la necesidad de aprovechar intensamente sus limitados recursos disponibles para poder sobrevivir.

En cuanto a la tercera categoría de paisajes: “crecimiento urbano y cambio socio-ecológico”, se percibe una mayor prioridad de alternativas socio-ecológicas encaminadas a construir mejores decisiones de gestión que reduzcan la huella ecológica debido a actividades humanas, asociadas con procesos urbanos, así como modelos de gestión que fomenten la coadaptación sociedad-naturaleza, a través de mecanismos como la economía circular o el reciclaje de residuos, que sean capaces de reducir los efectos negativos del consumo urbano y, con ello, atenuar las relaciones conflictivas de los espacios urbanos con el contexto natural que los cobija y alberga.

BIBLIOGRAFÍA

- Alimonda, H. (2019). In the key of south: Latin American political ecology and critical thinking. *Alternautas*, 6(1): 84-101.
- Añorve, F., Agatón, D., Cruz, V. (2018). Sociedades cooperativas pesqueras y praxis ecológica en el desarrollo regional del Estado de Guerrero. *Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional*, 2: 15-27.
- Baird, I. G. (2014). Political memories of conflict, economic land concessions, and political landscapes in the Lao People's Democratic Republic. *Geoforum*, 52: 61-69.
- Baloch, M. A., Khan, S. D., Ulucak, Z. S. (2020). Poverty and vulnerability of environmental degradation in Sub-Saharan African countries: what causes what? *Structural Change and Economic Dynamics*, 54: 143-149.
- Barnes, M.L., Bodin, Ö., McClanahan, T. R., Kittinger, J. N., Hoey, A. S., Gaoue, O. G., Graham, N. A. (2019). Social-ecological alignment and ecological conditions in coral reefs. *Nature communications*, 10(1): 1-10.
- Berber, M. Á. (2017). Intermediarios violentos: el uso y la organización de la fuerza como negocio en Ayutla de los Libres. *Estudios sociológicos*, 35(104): 267-291.
- Bodin, Ö., Alexander, S. M., Baggio, J., Barnes, M. L., Berardo, R., Cumming, G. S., Dee, L. E., Fischer, A. P., Mancilla, M., Guerrero, A., Hilerman, J., Ingold, H., Matous, P., Morrison, T., Nohrstedt, D., Pittman, J., Robins, G., Sayles, J. S. (2019). Improving network approaches to the study of complex social-ecological interdependencies. *Nature Sustainability*, 2(7): 551-559.
- Bonilla, C., Gutiérrez, G., Parra, E., Kline, C., Shriver, M. (2005). Admixture analysis of a rural population of the state of Guerrero, Mexico. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists*, 128(4): 861-869.
- Bustamante, T.B. (2003). *La tragedia de los bosques de Guerrero. Historia ambiental y las políticas forestales*. México: FONTAMARA.
- Bustamante, A. T. (1996). *Las transformaciones de la agricultura o las paradojas del desarrollo regional. Tierra Caliente, Guerrero*. México: Juan Pablos Editor.
- Carrascal, E., Pérez, G. (1998). Ocupación territorial y deterioro ambiental ocasionado por la expansión urbano-turística en Acapulco, Guerrero. *Investigaciones geográficas*, (37): 111-124.
- Castillo, E., Gervacio, H., Vences, J. A. (2021). Diagnóstico de áreas degradadas de manglar y propuestas de restauración ecológica en el estado de Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias: CIBA*, 10(20): 1-20.

- Castro, N. G., Peñaloza, Y. L. (2019). Diferencias socioterritoriales del Estado de Guerrero, México: una propuesta de análisis geográfico-económico. *Geo UERJ*, (35): 44833.
- Castro, M. H., Flores, G. R., Valdez, G. A., Flores, R. P., García, I. S., Rosas, A. L. (2016). Diversidad, especies de mayor importancia y composición de tallas de los moluscos en la pesca ribereña en Acapulco, Guerrero, México. *Acta Universitaria*, 26(6): 24-34.
- Castro, N. G., Salinas, S. V. (2018). Factores socioeconómicos de vulnerabilidad en las ciudades medias del estado de Guerrero, México. *Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenamiento Territorial*, 244-269
- Cerros, C. C., Flores, G. R., Landa, J. V., García, I. S., Rosas, G. V., Flores, R. P., Valdés, G. A. (2021). Species composition and income from coastal fishing mollusks on the Costa Grande of Guerrero Mexico. *Revista Bio-Ciencias*, 8.
- Cervantes, G. V., Gama, C. E., Roldán, A. E., Hernández, C. G. (2014). Basis for implementing restoration strategies: San Nicolás Zoyatlan social-ecological system (Guerrero, Mexico). *Terra Latinoamericana*, 32(2): 143-159.
- Cervantes, V., de Teresa, A. P. (2004). Historia del uso del suelo en la comunidad de San Nicolás Zoyatlán Guerrero. *Alteridades*, 14(27): 57-87.
- Challenger, A., Bocco, G., Equihua, M., Chavero, E. L., Maass, M. (2015). La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 6(2).
- Chambers, C. L. (2021). A critique of the "socio-ecological fix" and towards revolutionary ruptura. *Area*, 53(1): 114-121.
- Chapin, F. S., Folke, C., Kofinas, G. P. (2009). "A framework for understanding change". En: *Principles of ecosystem stewardship* (pp. 3-28). New York, NY: Springer.
- Cheung, M. L., Vijayakumar, R. (2016). A guide to conducting a meta-analysis. *Neuropsychology Review*, 26(2): 121-128.
- CONAPO (2001). Índices de marginación 2000. Consejo Nacional de Población. Ciudad de México.
- CONEVAL (2019). Diez años de medición de pobreza multidimensional en México: avances y desafíos en política social. Medición de la pobreza serie 2008-2018, México. Recuperado de: https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/Pobreza_18/Pobreza_2018_CONEVAL.pdf (Consultado: 22/02/2022).
- Díaz, G. A., Juárez, G. D. C. (2008). Migración internacional y remesas: impacto socioeconómico en Guerrero. *Papeles de Población*, 4(56): 113-133.
- Drucker, P. F. (2003). *The new realities*. Nueva York: Routledge,
- Escobar, A. (2014). *Territorios de diferencia: lugar, movimientos, vida, redes*. Popayán, Colombia: Editorial Universidad del Cauca.

- Farhad, S. (2012). Los sistemas socio-ecológicos. Una aproximación conceptual y metodológica. *XIII Jornadas de economía crítica*, 265-280.
- Félix, J. F., Canabal, B. C. (2019). Espacios de poder y reproducción social en la Montaña de Guerrero. *Revista Trace*, (33): 20-29
- Folke, C., Colding, J., Berkes, F. (2003). Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*, 9(1): 352-387.
- Forsyth, T. (2004). *Critical political ecology: the politics of environmental science*. Nueva York: Routledge,
- Foucault, M. (1988 o 94??). El sujeto y el poder. *Revista Mexicana de Sociología*, 50(3): 3-20.
- Galeana, 2018 FALTA??
- Gasparello, G. (2017). Entre la montaña y Wirikuta. Defensa del territorio y del patrimonio cultura y natural de los pueblos indígenas. *Argumentos. Estudios Críticos de la Sociedad*, 221-238.
- Gaussens, P. (2019). Por usos y costumbres: los sistemas comunitarios de gobierno en la Costa Chica de Guerrero. *Estudios Sociológicos*, 37(111): 659-687.
- Gaussens, P. (2020). La organización del crimen: delincuentes y caciques en tiempos de guerra al narco. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 65(240): 119-145.
- Geist, H. J., Lambin, E. F. (2002). Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 52(2): 143-150.
- González, R. A., Maldonado, M. J. (2014). El capital social comunitario, una estrategia contra la pobreza en los pueblos indígenas del estado de Guerrero. *Ra Ximhai*, 10(3): 119-139.
- González, P. A. (2012). *Determinación del Potencial Natural Forestal de la Zona Norte del estado de Guerrero*. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sustentable. México: Chapingo.
- Güneralp, B., Reba, M., Hales, B. U., Wentz, E. A., Seto, K. C. (2020). Trends in urban land expansion, density, and land transitions from 1970 to 2010: A global synthesis. *Environmental Research Letters*, 15(4): 044015
- Hall, S., & Mellino, M. (2011). *La cultura y el poder*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Harvey, D. (2004). *El nuevo imperialismo*. España: Akal.
- Hvalkof, S. (2013). Victoria Asheninka: espacio, territorio y economía en el gran pajonal de la amazonia peruana. En: Varese, S., Apffel, F., Rumrill, R. (Coord). *Selva Vida: de la destrucción de la Amazonía al paradigma de la regeneración*. Copenhague, Dinamarca: Editorial IWGIA.

- Hedges, L. V., Shymansky, J. A., Woodworth, G. (1989). A practical guide to modern methods of meta-analysis. ERIC Document Reproduction Service No. ED: 309 952.
- Hernández, O. E. (2019). *La narcoeconomía en la sierra de Guerrero: 1965-2018*. Tesis de Maestría. México: Universidad Autónoma de Guerrero.
- Heynen, N., Kaika, M., Swyngedouw, E. (2006). *In the nature of cities. Urban political ecology and the politics of urban metabolism*. Londres y Nueva York: Routledge y Taylor and Francis Group.
- INEGI (2015). Anuario estadístico y geográfico de Guerrero. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/> (Consultado: 22/02/ 2022).
- Jiménez, O. Y., Ibáñez, J. Á., Porcel, R. L., Zimmerer, K. (2021). Land use change dynamics in Euro-mediterranean mountain regions: Driving forces and consequences for the landscape. *Land Use Policy*, 109: 105721.
- Kramer, D. B., Hartter, J., Boag, A. E., Jain, M., Stevens, K., Nicholas, K. A., Liu, J. (2017). "Top 40 questions in coupled human and natural systems (CHANS) research" en *Ecology and Society*, 22(2).
- Latour, B. (2017). *Cara a cara con el planeta: Una nueva mirada sobre el cambio climático alejada de las posiciones apocalípticas*. Buenos Aires, Argentina: Siglo XXI Editores.
- Long, H., Qu, Y. (2018). Land use transitions and land management: A mutual feedback perspective. *Land Use Policy*, 74: 111-120.
- MacGregor, F. I., Gómez, M. A., García, M., Chávez, Z. A. (2020). A dead letter? Urban conservation, management, and planning strategies from the Mexican urban bird literatura. *Urban Ecosystems*, 23(5): 1107-1115.
- Mason, T. A., Subramaniam, Y. (2019). Does poverty cause environmental degradation? Evidence from developing countries. *Journal of poverty*, 23(1): 44-64.
- Martínez, R., Cadena, E., Sandoval, E. A. (2016). Sociodemografía en la Región de Tierra Caliente (Sur Estado de México, Este de Michoacán y Norte de Guerrero), 1990-2010. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, No. 8: 114-135
- Merino, L. (2000). Social deterioration and environmental degradation of four woodland regions in Guerrero State, Mexico. *Common Property Conference Paper* (pp. 1-28).
- Merino, L., Segura, W. G. (2007). Las políticas forestales y de conservación y sus impactos en las comunidades forestales en México. *Los bosques Comunitarios de México. Manejo sustentable de Paisajes Forestales*, 21-49.
- Montes V. A. (2009). Clientelismo y recomposición de oligarquías en Tierra Caliente (México). *Gazeta de Antropología*, 25(1).

- Montoya, L. G., Hernández, E. F., Soto, F. P. (2021). El medio ambiente, la pobreza y el crecimiento económico en México. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, 16(2): 441
- Neri, S. M., Bustamante, G. A., Ortiz, A. A., Hernández, M. T., Velázquez, M. K. (2018). Análisis de vacíos y omisiones de conservación de las áreas naturales protegidas del Estado de Guerrero, México. *Agro Productividad*, 11(10): 93-98.
- Olanipekun, I. O., Olasehinde, W. O., Alao, R. O. (2019). Agriculture and environmental degradation in Africa: The role of income. *Science of the Total Environment*, 692: 60-67.
- Osorio, A. V., Barquín, R. S., Ontiveros, M., Ortega, S. (2018). La percepción de los impactos del turismo en la comunidad de Ixtapa-Zihuatanejo, México, desde el modelo de mapas causales. *Rosa dos Ventos*, 10(3): 441-463.
- Ostrom, E. (2005). *Understanding institutional diversity*. New Jersey, USA: Princeton University Press.
- Ostrom, E. (2009). "A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems" en *Science*, 325(5939): 419-422.
- Ostrom, E. (2011). Background on the institutional analysis and development framework. *Policy Studies Journal*, 39(1): 7-27.
- Pan, H., Yang, T., Jin, Y., Dall'Erba, S., Hewings, G. (2021). Understanding heterogeneous spatial production externalities as a missing link between land-use planning and urban economic futures. *Regional Studies*, 55(1): 90-100.
- Peraza, L. P., Velázquez, T. D. (2020). Conformación del territorio rural: campesinos y su persistencia. Un caso de la frontera sur de México. *Perspectiva Geográfica*, 25(1): 56-76.
- Pullin, A. S., Stewart, G. B. (2006). Guidelines for systematic review in conservation and environmental management. *Conservation biology*, 20(6): 1647-1656.
- Quiñonez, N., Saavedra, D., Cevallos, M., Jiménez, B. (2020). Espacio urbano periférico y la construcción social del riesgo en ciudades intermedias. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 13.
- Rai, J. (2019). Understanding poverty-environment relationship from sustainable development perspectives. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 19(1): 1-19.
- Ribeiro, S. (2019). "Activismos en el foco rojo: las acciones colectivas en Guerrero, México". *Gavagai*, 4(2): 33-55.
- Robbins, P. (2000). The rotten institution: corruption in natural resource management. *Political Geography*, 19(4): 423-443.
- Rodríguez, C. (2005). *La disputa por el desarrollo regional: movimientos sociales y constitución de poderes locales en el oriente de la Costa Chica de Guerrero*. Ciudad de México: Plaza y Valdés.

- SAGARPA (2002). Evaluación de la Alianza para el Campo 2002. Informe de Evaluación Estatal. Desarrollo Rural. Guerrero. Centro de Evaluación Agropecuaria, S. C. (SE-VAGRO). México.
- Sandoval, R. A., de Guevara, G. L., Rojas, H. A., Violante, G. J., García-Ibáñez, S., Hernández, G. C. (2020). Estado de explotación y problemática de la pesca de escama marina en Acapulco, Guerrero. *Ciencia Pesquera*, 28(1-2): 17-29.
- Sheehan, O., Watts, J., Gray, R.D., Atkinson, Q. D. (2018). Coevolution of landesque capital intensive agriculture and sociopolitical hierarchy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(14): 3628-3633.
- Schlüter, M., Haider, L. J., Lade, S. J., Lindkvist, E., Martin, R., Orach, K., Wijermans, N., Folke, C. (2019a). Capturing emergent phenomena in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 24(3): 11
- Schlüter, M., Orach, K., Lindkvist, E., Martin, R., Wijermans, N., Bodin, Ö., Boonstra, W. J. (2019b). Toward a methodology for explaining and theorizing about social-ecological phenomena. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 39: 44-53.
- SEDESOL (2014). *Cédulas de información municipal*. Ciudad de México: Secretaría de Desarrollo Social.
- Sepúlveda, R. A. (2015). Identidades en movimiento. La migración en el estado de Guerrero: el caso de los jornaleros agrícolas. *Aquí y allá*, 2(6): 56.
- Swyngedouw, E. (1999). Modernity and hybridity: nature, regeneracionismo, and the production of the Spanish Waterscape, 1890-1930. *Annals of the Association of American Geographers*, 89(3): 443-465.
- Turner, M. G., Gardner, R. H. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Nueva York: Springer.
- Van Assche, K., Beunen, R., Duineveld, M., & Gruezmacher, M. (2017). "Power/knowledge and natural resource management: Foucaultian foundations in the analysis of adaptive governance.", en *Journal of environmental policy & planning*, 19(3): 308-322.
- Vázquez A. S., Vizcarra, B. I., Quintanar, G. E., Lutz, B. B. (2009). Heterogeneidad en las prácticas agrarias como estrategia de adaptación a los procesos globales. Caso de Santa Cruz (Chilapa, Guerrero, México). *Convergencia*, 16(50): 79-106.
- Villaseñor, F. A., Toscana, A. A., Granados, R. R. (2017). Injusticia espacial en Guerrero, México: estudio de la red vial en relación a los fenómenos meteorológicos Ingrid y Manuel. *Journal of Latin American Geography*, 49-67.
- Villerías, S. S., Sánchez, C. Á. (2010). Perspectiva territorial de la pesca en la Costa Chica de Guerrero. *Investigaciones Geográficas*, (71): 43-56.

- Villerías, S. S., Tello, A. P. y García, N. (2016). "Algunas características ambientales de la laguna de Tecomate, Guerrero, México", en *Tlamati*, 7(1): 11-13.
- Weller, J. (2004). El empleo terciario en América Latina: entre la modernidad y la sobrevivencia. *Revista de la CEPAL*, 84: 159-176.

La construcción de ordenanzas municipales y el fomento de la Agroecología en los partidos de Guaminí y Saladillo, Provincia de Buenos Aires, Argentina

María de la Paz Acosta¹

Resumen. Desde hace algunos años en la Argentina se difunde la noción de “agriculturas alternativas”, y la Agroecología como parte de ellas, adquiere cada vez mayor visibilidad. A partir de ello, las preguntas que debemos formularnos son ¿Por qué emerge en la escena pública esta necesidad? ¿Desde dónde se difunde este cambio de paradigma? ¿Y quiénes son los actores que están detrás de estas iniciativas? En este trabajo, de carácter cualitativo y exploratorio, abordamos el surgimiento y fomento a las agriculturas alternativas en dos municipios de la Provincia de Buenos Aires: Guaminí y Saladillo. La elección se fundamenta en que allí encontramos algunas respuestas a los impactos socio-ambientales que genera el modelo hegemónico del agronegocio en los territorios abordados, y que el emerger agroecológico tiene connotaciones políticas. El estudio se llevó a cabo por medio de entrevistas semi-estructuradas y el uso de fuentes secundarias de información; de este modo, reconstruimos la relación entre distintos actores sociales y los municipios y se revisaron cuáles son las políticas de fomento hacia las alternativas productivas y las particularidades de cada caso. Los primeros resultados a los que se aproxima es que es posible otro modelo agropecuario que apunte a la sostenibilidad.

Palabras claves: Agriculturas alternativas, Agroecología, Ordenanzas municipales.

Abstract. For some years now, the notion of “alternative agriculture” has been spreading in Argentina and Agroecology, as part of this, is gaining more and more visibility. The question we should ask ourselves is why this need emerges on the public scene, from where this paradigm shift is disseminated and who are the actors behind these initiatives. In this qualitative and exploratory work, we address the emergence and promotion of alternative agriculture in two municipalities of

¹ Buenos Aires, Argentina, e-mail: mariadelapaz.acosta@gmail.com

the Province of Buenos Aires, Guaminí and Saladillo. The choice is based on the fact that there we found some answers to the socio-environmental impacts generated by the hegemonic agribusiness model in the territories addressed and that the agroecological emergence has political connotations. For this purpose, through semi-structured interviews and the use of secondary sources of information, we reconstructed the relationship between different social actors and the municipalities, which are the policies of promotion towards productive alternatives and the particularities of each case. The first results are that another agricultural model aimed at sustainability is possible.

Keywords: *Alternative agriculture, Agroecology, Municipal ordinances.*

INTRODUCCIÓN²

A mediados de 1990, la nueva conformación del modelo agrario en la Argentina generó grandes transformaciones productivas, laborales, tecnológicas e ideológicas, las cuales provocaron consecuencias inimaginables años atrás. Este modelo, denominado por numerosos autores y autoras como “agronegocio” (Giarracca y Teubal, 2005, 2008; Girbal-Blacha, 2013; Gras y Hernández, 2013 y 2019; Gras y Sosa Varrotti, 2013; Palmisano, 2016a; Svampa y Viale, 2014; Taddei, 2013), se desplegó con mayor fuerza en la región pampeana y logró expandirse a otros territorios. Dentro del modelo adquiere primacía la soja, la cual se ha convertido en una de las principales oleaginosas producidas en el país, junto con el trigo y el maíz (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2021). Este cultivo se realiza mediante la aplicación de un paquete tecnológico: semillas transgénicas, siembra directa y uso de insumos químicos, entre ellos, fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, entre otros.

En lo que respecta a la ganadería, ésta se vio desplazada de los planteos productivos ante la necesidad de la agricultura moderna de expandirse para la obtención de mayores volúmenes de granos (Capdevielle, 2016). De esta manera, surgen los *feed lots* o establecimientos de engorde a corral, donde el ganado es confinado en terrenos reducidos con objetivo de finalizar la engorda en menor tiempo (Portillo y Conforti, 2009).

² Una primera versión de este artículo puede encontrarse en las actas de las IV Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de Cuyo “Agrietar al neoliberalismo en nuestra América”. Mesa 32: La sociología revisando las actuales problemáticas urbanas y rurales mirando al Sur. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNCuyo, Mendoza, Argentina. Del 31 de mayo al 4 de junio de 2021.

El Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) de la Argentina, a principios del siglo XXI, definía que los feed lots o establecimientos de engorde a corral pueden ser de dos tipos: engorde de bovinos a corral y establecimientos que alimentan a los bovinos con productos formulados.³

Sin embargo, el agronegocio ha provocado fuertes impactos socio-ambientales en los territorios donde se ha desplegado. Entre éstos destacamos las desapariciones de explotaciones agropecuarias de escalas pequeñas y medianas, el desplazamiento de poblaciones campesinas e indígenas, así como graves casos de contaminación por el uso masivo de agroquímicos en lo que respecta a los monocultivos, como también los efectos nocivos por el confinamiento de ganado en establecimientos de engorde a corral (Carrasco *et al.*, 2012; Giarracca y Teubal, 2013; Lapegna, 2019; Wahren, 2016).

En contraposición a este modelo, hace algunos años se difunde la noción de “agriculturas alternativas” (Altieri, 2009; Martínez Castillo, 2004; Petersen, 2017) y la agroecología como parte de éstas, adquiere cada vez mayor visibilidad. La pregunta que debemos formularnos es ¿Por qué emerge en la escena pública este enfoque sobre la agricultura, desde dónde se difunde este cambio de paradigma y quiénes son los actores que están detrás de estas iniciativas?

Comprendemos a la agricultura alternativa como aquellas prácticas o sistemas “... que intentan proporcionar un medio ambiente balanceado, rendimiento y fertilidad del suelo sostenidos y control natural de plagas, mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el empleo de tecnologías de bajos insumos” (Altieri, 2009: 70). Dentro de esta perspectiva podemos encontrar diversas corrientes que suelen complementarse, aunque tengan sus diferencias, tales como la agroecología, la agricultura orgánica o ecológica, la agricultura biodinámica y la permacultura (Palmisano, 2019; Petersen, 2017). Sin embargo, la agroecología se presenta como el paradigma a disputar e implementar frente a un modelo agrícola-ganadero que comienza a manifestar cada vez más problemas de sostenibilidad (Altieri, 2009; Gliessman *et al.*, 2007; Sarandón y Marasas, 2015).

La Provincia de Buenos Aires se distingue por sus condiciones naturales como una zona de excelencia para la actividad agropecuaria. Allí se producen alimentos tanto para

³ “...engorde de bovinos a corral, el que durante el proceso de recría y/o terminación, tiene sus animales confinados en espacios reducidos, alimenta los mismos con productos formulados (balanceados, granos, núcleos minerales u otros productos) y no ofrece el acceso a pastoreo directo y voluntario, y Establecimientos que alimentan a los bovinos con productos formulados (balanceadores y núcleos minerales) en forma permanente o temporaria como suplemento dietario” (SENASA, 2001: 2).

el mercado interno como para el externo. No obstante, ésta no ha sido ajena a las transformaciones producidas por el modelo del agronegocio, las cuales incluyeron: un fuerte endeudamiento de los productores (especialmente en la década de 1990), tomando hipotecas para afrontar la demanda de tecnología para producir y, en muchos casos, produjeron la consecuente pérdida de productores y explotaciones agropecuarias; la concentración de la producción agropecuaria; la agriculturización sobre los planteos productivos y las áreas sembradas —con soja, maíz y girasol—; el incremento de plaguicidas por el uso de cultivos transgénicos (Cloquell, 2013; Giarracca y Teubal, 2008, 2005; Martínez Dougnac, 2016; Palmisano, 2016b, 2018; Teubal, 2003), entre otras transformaciones.

En este artículo, de carácter cualitativo y exploratorio, abordamos el surgimiento y fomento a las agriculturas alternativas en dos municipios de la Provincia de Buenos Aires: Guaminí y Saladillo. Dadas las características de los estados municipales con los cuales se trabaja, detectamos que uno de los impactos socio-ambientales mencionados, es decir, los casos de contaminación, comienzan a problematizarse a partir de los reclamos de distintos actores —organizaciones, empleados municipales, escuelas, vecinos y vecinas— entre otros. Es allí que comienza un largo derrotero para establecer un ordenamiento territorial frente a las prácticas de fumigaciones por parte de la actividad agropecuaria y, posteriormente, de fomento hacia otro tipo de agricultura, las cuales culminan en distintas legislaciones de carácter municipal. De esta manera, reconstruimos la relación entre las y los productores y organizaciones con los municipios, indagamos cuáles son las políticas de fomento hacia las alternativas productivas y qué impactos generaron en los territorios las normativas implementadas.

METODOLOGÍA

Para realizar este artículo, por un lado, utilizamos fuentes secundarias de información; por el otro, realizamos seis entrevistas⁴ semi estructuradas en profundidad a productores e informantes clave de los partidos de Guaminí y Saladillo, Provincia de Buenos Aires —Argentina—, durante 2019. De estas seis entrevistas, cinco fueron efectuadas a

⁴ En general, la entrevista se utiliza cuando se busca acceder a la perspectiva de los actores, para conocer cómo ellos interpretan sus experiencias (Piovani, 2018). Esta técnica es básicamente un encuentro, una correlación comunicativa entre personas, donde la propia interacción se torna fundamental, ya que garantiza la paridad entre el entrevistado y el entrevistador durante el encuentro. De esta forma, los relatos se vuelven fundamentales para las y los investigadores porque contienen hechos portadores de sentido (Giarracca y Bidaseca, 1999), los cuales muchas veces quedan por fuera de otros métodos de investigación.

productoras y productores agropecuarios de la localidad de Guaminí. Si bien el grupo de agricultores que se conformó luego de establecer el fomento a la agroecología constaba de diez personas, al momento de realizar las entrevistas se encontraban presentes en la localidad cinco de ellos. La sexta entrevista fue colectiva y se efectuó a la agrupación “Ecos de Saladillo”, organización que nuclea a productoras y productores agropecuarios, y vecinos y vecinas del Municipio de Saladillo. Durante esta entrevista, se encontraban presentes tres productores agropecuarios y tres integrantes y vecinos de la localidad. Las fuentes secundarias de información a las que recurrimos son las ordenanzas municipales de ambos partidos. Estos elementos se tornaron fundamentales para comprender cómo se logró plasmar en la legislación las demandas de los actores intervinientes en el proceso de ordenamiento territorial en pos de establecer un freno a las fumigaciones con agroquímicos, como así también el fomento hacia otro tipo de agriculturas.

Entendemos a las ordenanzas municipales como los marcos normativos que poseen las localidades para establecer legislación de carácter municipal. La Provincia de Buenos Aires está dividida territorial y políticamente en 135 municipios, los cuales por motivos históricos se denominan partidos. Estos municipios tienen la potestad de legislar sobre sus territorios por medio del instrumento político denominado ordenanza. Las mismas son elaboradas por medio de proyectos discutidos en los consejos deliberantes, órganos que representan a los ciudadanos de cada municipio. Estos proyectos ingresan a los consejos por medio de varios mecanismos: a través de proyectos impulsados por la ciudadanía, –es decir desde “abajo”–, por los propios representantes en los consejos deliberantes, y por el poder ejecutivo de los municipios.

Seleccionamos las localidades de Guaminí y Saladillo ya que resultan paradigmáticas para analizar cómo a partir del impulso de productores y productoras agropecuarias, junto a organizaciones y otros actores, distintos reclamos de carácter ambiental –los cuales fueron incrementando–, productivos, para el resguardo de la salud humana, entre otros tantos. Así, los municipios por medio de diferentes marcos normativos dan respuesta a los reclamos de las comunidades, estableciendo un orden al territorio para las prácticas de las fumigaciones, fomentando otro tipo de producción agropecuaria, por fuera del modelo hegemónico de agricultura industrial. Sin embargo, al establecer una comparación entre las jurisdicciones, identificamos que cada municipio presenta determinadas particularidades, dado que los actores que intervienen y fomentan otro tipo de agricultura provienen de sectores antagónicos. Por lo tanto, las dinámicas en cada partido frente a la promulgación de legislaciones, así como su puesta en práctica, no se desarrollan de igual manera. Este punto nos parece clave para pensar el emerger agroecológico como una irrupción política.

Los partidos de Guaminí y Saladillo

El partido de Guaminí se encuentra ubicado al sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (Figura 1). Cuenta con una superficie de 4,840 km² y una población de 11,826 habitantes (INDEC, 2010). La localidad de Guaminí es la cabecera del partido.⁵ Dentro del territorio se encuentra parte del Sistema de Encadenadas del Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, compuestas por la Laguna Cochicó, Laguna del Monte y Laguna Alsina.

Figura 1. Mapa político de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), destacados los partidos de Saladillo y Guaminí



Fuente: elaboración propia con base en <https://www.ign.gob.ar/>.

⁵ El distrito se conforma por las localidades de Guaminí, Casbas, Laguna Alsina (Bonifacio), Garré, Arroyo Venado y los parajes de Fatraló y La Nevada.

Su principal actividad económica es la agrícola ganadera, con un fuerte crecimiento, a partir del 2011, de la actividad turística (*Partido de Guaminí, 2019; Schwerdt y Cerdá, 2015*) con el objetivo de desarrollar el recurso acuático que poseen. Un estudio determinó que los sistemas de producción del partido son de tipo mixto, y que dentro de la actividad ganadera prevalece la producción bovina (*Gargano et al., 1996*), donde el ciclo completo es predominante respecto al de engorde y cría (*Lageyre, 2012; Marini, 2013*). Asimismo, los principales cultivos que se desarrollan en la zona se encuentran por un lado los invernales como el trigo, la avena y el centeno, y por el otro los estivales, como el girasol, el maíz, la soja y el sorgo.

En los últimos años se produjo un cambio importante en cuanto al incremento de la superficie agrícola destinada a los cultivos de verano, principalmente la soja. Actualmente, a unos kilómetros de Guaminí, se encuentra instalada una sede de la empresa Los Grobos, uno de los exponentes del modelo de agronegocios de la Argentina.

Sin embargo, en 2014, a partir de un proyecto impulsado por el Municipio, un grupo de productoras y productores agropecuarios comenzó a transicionar hacia la Agroecología con el fin de demostrar otra forma de producir. Este programa se originó dos años antes en la Dirección de Medio Ambiente y Recursos Hídricos, –dependiente de la Secretaría de Gobierno–, como consecuencia de las constantes denuncias por las fumigaciones realizadas por vecinos o desde las escuelas rurales. De esta manera, comenzaron a elaborar “planes de educación” que dieron origen, más tarde, a la actual Ordenanza N° 13/2016 denominada “Regulación sobre agroquímicos: de protección a la salud humana, los recursos naturales y la producción agrícola”. A su vez se promulgó la Ordenanza N° 32/2015 “En Apoyo a la Agricultura Familiar y producciones agroecológicas”, mediante la cual se estableció un marco de certificación participativa de los productos provenientes de la agricultura familiar.

El segundo municipio analizado es Saladillo. Ubicado en el centro-norte de la Provincia (Imagen 1, anexo), ocupa una superficie de 2,731 km² y cuenta con una población de 32,103 habitantes, de los cuales 83.4% vive en áreas urbanas⁶ (INDEC, 2010). El partido posee una superficie de 255,969 hectáreas (ha), las cuales 116,965 (45.3%) están dedicadas a la actividad ganadera y 113,749 (44.43%) a la actividad agropecuaria. A

⁶ Las demás localidades y parajes que compone la jurisdicción son: Del Carril, Polvaredas, Cazón, Álvarez de Toledo, Juan José Blaquier, El Mangrullo, La Barrancosa, La Campana, La Mascota, La Razón, La Margarita, Esther, Emiliano Reynoso, Saladillo Norte, José Ramón Sojo, San Blas, Gobernador Ortiz de Rosas y San Benito (Municipalidad de Saladillo, 2019b).

su vez, el territorio que comprende al distrito se encuentra dividido en dos zonas: en lo que respecta al sur, predominan suelos para el desarrollo de la actividad ganadera; mientras que hacia el norte la superficie es apta para la actividad agrícola. Dentro de la agricultura, los principales cultivos son: soja, maíz, trigo y girasol. En ese orden es su importancia a la hora de decidir qué cultivos son los más rentables para producir.

Debemos resaltar que desde el punto de vista empresarial Saladillo fue uno de los primeros partidos de la Provincia de Buenos Aires en donde comenzó a operar la empresa de siembra “El Tejar”, fundada por Oscar Alvarado.⁷ Esta compañía es considerada como uno de los modelos arquetípicos del agronegocio, la cual tuvo una notable expansión desde mediados de la década del noventa. A finales del 2000, El Tejar controlaba productivamente, sobre todo vía arrendamiento, más de 330,000 ha distribuidas entre Argentina, Uruguay, Bolivia, Brasil y Paraguay, demostrando su capacidad de expansión no sólo en Argentina, sino en esta parte del continente. A pesar de ello, años recientes la empresa redujo notablemente su participación en la Argentina al punto tal que mudó su sede corporativa a Brasil (Sosa Varrotti y Frederico, 2018), dejando instalada en Saladillo la lógica del agronegocio.

Si nos referimos a la ganadería, históricamente esta fue la primera actividad económica de la Cuenca del Salado, en donde se encuentra ubicado el partido. Los tipos de ganado que hoy encontramos son el bovino, el porcino y el ovino. En lo que respecta a la producción de porcinos, ésta creció de manera acentuada, ubicando a Saladillo entre los partidos de la provincia con mayor centralización de porcicultores (Municipalidad de Saladillo, 2019a).

A pesar de que el distrito se presenta como líder en la actividad ganadera, destacando la producción porcina, Pablo Zarragoicoechea realizó “un estudio de los efectos que produce un emprendimiento de engorde a corral (*feed-lot*) sobre el agua freática, bajo suelos Hapludoles característicos de la zona” (2018: 2). Este modelo productivo ha generado, además de materia prima y recursos económicos, problemas ambientales y sociales relacionados con la actividad. Adicionalmente hay cierto desconocimiento de las características de los acuíferos y el impacto que puedan tener estos emprendimientos en el municipio, al igual que las medidas que se pueden tomar para disminuir sus efectos (Zarragoicoechea, 2018).

A partir de la evidencia del estudio señalado, así como la emergencia de olores fuertes, la contaminación del aire y del agua, la construcción ilegal de canales de agua

⁷ Alvarado era miembro de una familia tradicional de la zona, los cuales se dedicaban originalmente a la actividad ganadera.

y la aparición de roedores en zonas urbanas detectadas por vecinas y vecinos de Saladillo, un creciente grupo de pobladores y productores comenzaron a cuestionar algunas prácticas agropecuarias específicas, principalmente los *feed lots* y las fumigaciones con agroquímicos. Particularmente, la agrupación “Ecos de Saladillo” surgió para denunciar la contaminación ambiental del partido, muchas veces relacionada con las consecuencias del agronegocio. La gran mayoría de sus integrantes son vecinos y vecinas, junto a pequeños productores periurbanos que defienden otra posibilidad de producir. Durante estos años, han llevado adelante varias iniciativas para demostrar que el modelo contamina y excluye a los pequeños productores. Esta agrupación fue la responsable de presentar en su momento diferentes proyectos que culminaron en la elaboración de las ordenanzas tales como: la N° 81/2008 “Regulando las actividades pecuarias— Feed Lots”, la N° 77/2008 “Regulación del uso de agroquímicos” y la N° 135/2018 “Programa de Promoción de la Producción Agropecuaria Sustentable”.

Agriculturas alternativas, ¿qué entendemos por ellas?

Cuando hablamos de alternativas es porque la agricultura industrial y hegemónica está sumamente cuestionada, ubicándola como una de las tantas responsables por la crisis ecológica y económica en la cual nos encontramos como humanidad (Altieri y Nicholls, 2020). Hoy la preocupación central transita por la sostenibilidad del modelo agrícola predominante (Altieri, 2009; Gliessman *et al.*, 2007; Wezel *et al.*, 2020). Este concepto se torna útil ya que concentra un conjunto de preocupaciones sobre la agricultura, entendida como un sistema tanto ecológico, como económico y social (Altieri, 2009; Gliessman *et al.*, 2007; Martínez Castillo, 2004).

Retomando la definición elaborada por Miguel Altieri en la introducción de este escrito, complementamos a ésta con la propuesta de Paulo Petersen. Este autor realiza un estudio histórico y parte de la idea de que las agriculturas alternativas nacen en Japón y Europa en la década de 1920 y 1930, a partir del rechazo de “movimientos rebeldes” hacia la agroquímica. Asimismo, determina que éstas pueden clasificarse de la siguiente manera: agricultura biodinámica, agricultura orgánica, agricultura biológica, agricultura natural y permacultura. De esta forma, a pesar de las diferencias culturales y geográficas de estos enfoques, existen convergencias en cuanto a los principios que las orientan (Petersen, 2017).

Ahora bien, ¿Qué sucede entonces con la agroecología? ¿Puede considerarse una agricultura alternativa? A partir de 1970, los movimientos contestatarios hacia la “agri-

cultura convencional” comienzan una nueva etapa de conciencia crítica frente a los efectos del modelo de agroquímica y se los reconoce como “movimiento de agricultura alternativa”. En este contexto donde imperaba la idea de progreso y el avance técnico-industrial, éstos fueron desacreditados, acusados de no detentar validación científica. Así, de este extenso movimiento, que involucra un amplio abanico de actores, surgió un número creciente de investigadores, que décadas más tarde sistematizarían una nueva perspectiva científica denominada “agroecología” (Petersen, 2017). En el siguiente apartado ampliaremos la idea del surgimiento de la Agroecología no sólo como disciplina científica, sino además como movimiento y práctica (Rivera-Núñez *et al.*, 2021; Wezel *et al.*, 2009, 2020), elaborando un breve repaso por Latinoamérica, centrando la mirada en la Argentina.

La Agroecología: un paradigma en construcción

Tanto la definición como el alcance de la Agroecología fueron evolucionando a lo largo del tiempo debido, en gran medida, al desarrollo de las disciplinas de las que se desprende: la agronomía y la ecología, principalmente, y luego la botánica y la zoología, entre otras. Hasta mediados de la década de 1960, el término comúnmente utilizado era el de “ecología de los cultivos”, y muchos autores se referían a la Agroecología sin que ésta fuese nombrada como tal (Gliessman, 2013; Wezel *et al.*, 2009). A fines de 1970 surgieron dos libros que discuten el componente social del concepto “agroecosistema” (Cox y Atkins, 1979).

Por aquellos años comienza a expandirse y a desarrollarse con más fuerza por otras zonas geográficas, definida como una ciencia y, además, convertida paulatinamente en un movimiento. Durante la década de 1980 surgió la idea de la Agroecología como un conjunto de prácticas (Wezel *et al.*, 2009). En el continente latinoamericano se ha desarrollado con mayor presencia en México, Centroamérica —particularmente en Cuba luego de la caída de la Unión Soviética—, Brasil y la región andina. En México, por ejemplo, nació hacia finales de 1970 y su principal precursor fue Hernández-Xolocotzi, quien le suma el énfasis de los saberes campesinos (Gliessman, 2013; Toledo, 2011). En cambio, en Brasil el fundamento de la Agroecología se vinculó a diferentes tipos de movimientos, con base en prácticas agrícolas tradicionales y no como ciencia.

La Agroecología ofrece una mirada alternativa de la realidad desde el punto de vista holístico y sistémico, con interrelaciones complejas, al quebrar el determinismo mecanicista y permitir el acceso a una multiplicidad de caminos y de cambios mediante

aproximaciones de una concepción evolucionista del contexto (Sevilla y Soler, 2009). Se caracteriza por ser pluriepistemológica y multidisciplinar, por lo que su comprensión y su significado han ido variando, evolucionando con el tiempo (Sarandón y Marasas, 2015). Hoy, además, se la considera como un movimiento mundial fomentado por agricultores, apoyados por amplios sectores de la sociedad civil, con el objetivo de promover la reforma agraria, la soberanía alimentaria y la protección de la biodiversidad (Altieri y Nicholls, 2020).

En los últimos años, estos reclamos han sido escuchados, junto a los efectos del innegable cambio climático, por instituciones y organismos internacionales, que comienzan a virar su enfoque productivista hacia otros planteamientos. Por caso, La Organización de Agricultura y Alimentación de Naciones Unidas (FAO, por sus siglas en inglés), construyó distintos elementos para conceptualizar e instrumentos para medir las transiciones agroecológicas en diferentes etapas (McCune *et al.*, 2021; Wezel *et al.*, 2020), así como el informe del Grupo de Alto Nivel de Expertos (HLPE, por sus siglas en inglés) para el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial de FAO (HLPE, 2019).

Ahora bien, en particular en la Argentina, la Agroecología ha progresado a nivel económico-productivo y despierta gran interés en la agenda académica.⁸ Se encuentran algunos consensos en cómo definirla, vinculándola generalmente con sistemas o tecnologías que protegen la biodiversidad, aseguran una agricultura sostenible, pretenden productos alimentarios locales y de circuitos cortos, y buscan la adecuación socio-cultural y ambiental. Sin embargo, su instrumentación y su abordaje son llevados a cabo por un grupo heterogéneo de actores sociales, cuya polisemia encubre una disputa por su definición, es decir, una disputa de naturaleza política (Domínguez, 2019).

En este país del sur del continente americano, la Agroecología se vincula con dos vertientes asociadas entre sí: una de origen práctico, ligada a movimientos sociales y Organizaciones no gubernamentales (ONG); y otra académica y científica, con destacados autores que han desarrollado la disciplina como “bandera de lucha” (Cittadini, 2014). Según los ingenieros agrónomos Santiago Sarandón y Claudia Flores, la agroecología puede entenderse como “un nuevo campo de conocimientos” (2014: 58). Aporta herramientas de análisis que nos permiten entender las interacciones y relaciones entre las

⁸ En 2018 se creó la Sociedad Argentina de Agroecología (SAAE), la cual ha fomentado la disciplina científica a partir de dos Congresos nacionales realizados en los años 2019 y 2021. Además la Sociedad ha tejido redes con la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) y la Asociación Brasileña de Agroecología (ABA).

condiciones y los flujos que existen dentro de un agroecosistema, y entre los componentes del paisaje en donde se inserta el sistema (Gliessman *et al.*, 2007), ya que cualquier agroecosistema no puede ser observado sin su relación en un contexto más amplio.

Para focalizar en la provincia bajo análisis, es decir Buenos Aires, la agroecología se ha desarrollado en un principio en organizaciones no gubernamentales y de productores familiares. Con el tiempo la agroecología fue institucionalizándose y organismos como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) comienzan a abordarla⁹ en las distintas jurisdicciones que posee en la provincia, o como algunas instituciones educativas, ya sean de nivel medio, escuelas secundarias, como en universidades (Sarandón y Flores, 2010).

En lo que respecta a las explotaciones agropecuarias, el último Censo Nacional Agropecuario arrojó como resultado la cantidad de 312 unidades bajo manejo agroecológico en la provincia (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2021). De este número podemos destacar el establecimiento ubicado en el partido de Benito Juárez, denominado “La Aurora”, ya que varios autores analizaron en esta unidad predial la transición del modelo convencional al agroecológico, convirtiéndola en un “faro agroecológico”. En 1997 el dueño y productor contrata al ingeniero agrónomo Eduardo Cerdá¹⁰ para comenzar el asesoramiento agronómico, el cual se basó en los objetivos planteados por el productor y los conocimientos del técnico. Este campo se encuentra ubicado en una zona apta para la actividad mixta (agricultura y ganado), es un establecimiento de tipo familiar y cuenta con 650 ha. La transición al modelo agroecológico permitió la estabilización de los costos, un riesgo económico menor para el productor y al suprimir los insumos químicos, una mayor biodiversidad en el agroecosistema (Carrasco *et al.*, 2014; Cerdá *et al.*, 2014; Sarandón y Marasas, 2015).

El interrogante que surge entonces es qué aportan los partidos de Guaminí y Saladillo, y el fomento a la agroecología al debate. Si bien encontramos algunas respuestas a los impactos socio-ambientales que genera el modelo hegemónico en los territorios, esta idea en sí no responde completamente a la discusión. ¿Qué nos están indicando las normativas elaboradas? ¿Acaso Guaminí y Saladillo pueden ser abordados de manera

⁹ En 2013 se creó la Red de Agroecología (Redae) que nuclea a técnicos de este organismo a nivel nacional.

¹⁰ Actualmente Cerdá es el director nacional de la Dirección Nacional de Agroecología. Ésta fue creada en 2020 bajo la órbita del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, dependiente de la Secretaría de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional. Esto demuestra la importancia que ha cobrado la Agroecología a nivel nacional y Cerdá se ha convertido en un referente.

individual como el ejemplo de “La Aurora”? ¿Existen réplicas de los procesos de estos municipios en otras jurisdicciones de la provincia? ¿Son suficientes las Ordenanzas para fomentar la agroecología? Lo que percibimos es que la agroecología emerge en estos partidos además como contestación política.

La promulgación de normativas y el impulso a la Agroecología

“Ecos de Saladillo” es una agrupación ambientalista que nace en dicha localidad en el año 2004. A partir de un programa radial realizado por algunos de las y los miembros de la agrupación, –a través de un medio local–, donde se difundían temáticas ambientales, éste genera repercusión en la audiencia y proponen la idea de formar un grupo. El objetivo consistía en visibilizar las problemáticas ambientales, las cuales eran identificadas, pero no poseían explicaciones profundas. Difundiendo la palabra podían concientizar y nominar los problemas que comenzaban a emerger producto del modelo agropecuario que se afianzaba en el Municipio: el agronegocio.

Por esos años, en Saladillo comenzaron a instalar emprendimientos ganaderos de engorde a corral, los cuales alarmaron a la población en general y a la agrupación en particular. ¿De qué se trataban los *feed lots*? ¿Qué implicancias tenía vivir al lado de este tipo de establecimientos? ¿Cómo se iban a controlar? Estos interrogantes fueron los que motorizaron a la organización a investigar por esta particular forma de criar ganado. De esta manera, presentan un proyecto de ordenanza que establecía “entre otras medidas” un límite de 6 kilómetros (km), tanto de la población urbana como de los poblados del interior del partido, las viviendas y escuelas rurales, y los cursos de agua. Entendían que este límite era necesario por las consecuencias ambientales de este tipo de emprendimientos para resguardar de olores, plagas y contaminación del agua. Según denuncia Ecos, el Consejo Deliberante demoró 5 años en presentar el proyecto definitivo, el cual no tuvo en cuenta ninguna de las medidas que proponían: la Ordenanza N° 81/2008 “Regulando las actividades pecuarias Feed Lots” establece 5 kilómetros (km) de límite entre las ciudades y pueblos, y los engordes a corral; 1 km de los cursos de agua, y ningún tipo de distancia de las escuelas y casas rurales. Es decir, se protegió un modelo urbano y se desprotegió el modelo rural.

A falta de respuestas de las autoridades, muchas organizaciones trabajan por su cuenta en la recopilación de datos que reflejen los impactos de contaminación que produce el modelo del agronegocio. Este también es el caso de la agrupación, ya que otra

de las campañas que efectuaron fue la de recopilación de enfermedades¹¹. La campaña tuvo su relativo éxito: si bien la población acompañó con entusiasmo el relevamiento y lograron registrar gran cantidad de las manzanas de la localidad, no alcanzaron a sistematizar toda la información por falta de presupuesto.

En el año 2008, por medio de una nueva iniciativa, consiguieron el límite a las fumigaciones con agrotóxicos en todo el Municipio. La Ordenanza N° 77/2008 establece la prohibición de fumigaciones terrestres de 500 metros alrededor del ejido urbano, 1,000 metros de las escuelas rurales y 10 metros de cualquier curso de agua. Según la agrupación, la Ordenanza aprobada difiere del proyecto presentado por ellos en el Consejo Deliberante. Sin embargo, sienta un precedente al ser uno de los primeros partidos de la provincia que promulga este tipo de normativas (Palmisano, 2018), estableciendo así un orden al territorio. De todos modos, Ecos de Saladillo continúa denunciando que se realizan fumigaciones clandestinas.

A medida que la agrupación fue proponiendo diferentes acciones, el grupo se modificó: hubo etapas en donde se expandieron y otras en donde se contrajeron. Hoy lo conforman aproximadamente diez personas, de las cuales algunos son productores periurbanos y vecinas y vecinos de la localidad. En la ciudad cuenta con un espacio propio que fue autogestionado. En un predio municipal donde anteriormente circulaba el ferrocarril, conformaron allí su lugar de encuentro. Con los años gestionaron un puesto en una de las esquinas del terreno, donde todos los sábados por la mañana funciona la feria de productos agroecológicos. En ella comercializan productos tanto para financiar a la agrupación, como a aquellos integrantes que quieran intercambiar sus propias mercaderías, tales como: lácteos, verduras, conservas, bebidas, productos cosméticos, entre otros. Además de la feria, el espacio funciona como lugar de reunión de la organización.

Una de las últimas acciones que llevó adelante el grupo fue en 2018, tras haber presentado un proyecto para fomentar la Agroecología en el Municipio. Según relatan los y las integrantes, esta medida fue una de las más conflictivas, ya que el Municipio consideraba al proyecto como tendencioso. En su revisión anterior para ser tratado en el Consejo Deliberante, sufrió varios cambios que se alejaron de la idea original presentada por Ecos. Finalmente, el proyecto fue votado y se promulgó bajo el nombre de

¹¹ Le proponen a la comunidad, por medio de un intercambio en la biblioteca del pueblo, salir a recorrer manzana por manzana haciendo un relevamiento de las enfermedades que consideraban que habían aumentado por esos años. Recopilando datos en el hospital, se encontraban con que éste no tenía ningún tipo de registro.

“Programa de Promoción de la Producción Agropecuaria Sustentable”, Ordenanza N° 135/2018.

Éste incluye el registro de las producciones tanto periurbanas como rurales con el beneficio de descuentos en los impuestos municipales para quienes se anoten créditos, asesoramiento por parte del Municipio –y sus respectivas vinculaciones con otros organismos estatales– y mercados exclusivos para la comercialización de los alimentos que produzcan. Por Producción Agropecuaria Sustentable la normativa establece a la producción orgánica, la apícola, de forrajes, la agroecológica, la horticultura y fruticultura, la producción de tambo, –bovino, caprino y ovino–, la producción de carne no intensiva, –bovina, ovina y caprina–, la producción viveril y forestal, y la generación de energías renovables o de base natural. Podemos observar, por lo tanto, que el fomento aquí está puesto en las agriculturas alternativas y considera a la agroecología como parte de ésta. Más allá de la promulgación de la Ordenanza, los y las integrantes de la agrupación denuncian que hasta el momento la normativa no se había reglamentado.

Por su parte, en Guaminí previo a la promulgación de la Ordenanza N° 13/2016, el proyecto fue presentado en 2012 en el espacio “Mesa agropecuaria” que posee el distrito, donde participan todas las entidades relacionadas con el medio rural. Allí se encontraron con obstáculos debido a la sensibilidad del tema y a las limitaciones en cuanto a los recursos y profesionales locales a su alcance. De este modo, generaron un ciclo de conferencias a cargo de los profesionales que conformaban la Mesa como ajenos a ella. Asimismo, se realizó un trabajo con las escuelas secundarias del distrito, las cuales, por medio de encuestas, comenzaron a ver los diagnósticos respecto al conocimiento de la población sobre la problemática abordada, y concluyeron que el distrito se encontraba informado al respecto.

Entre los profesionales que conformaron las conferencias, se invitó a participar al ingeniero agrónomo Eduardo Cerdá. Al disertar sobre alternativas al modelo convencional, relata su experiencia como asesor en el campo “La Aurora”, ubicado en el distrito de Benito Juárez de la Provincia de Buenos Aires, referencia y modelo en cuanto los estudios del paradigma agroecológico (Carrasco *et al.*, 2014; Cerdá *et al.*, 2014; Sarandón y Marasas, 2015). A partir de su ejemplo, varios productores visitan el predio para confirmar lo expuesto por el ingeniero.¹²

¹² Además, estos productores viajan y conocen la estación experimental del INTA ubicada en la localidad de Barrow –Provincia de Buenos Aires–, que también trabajan con manejos agroecológicos; y a la provincia de Santa Fe, al campo “Naturaleza Viva”, donde se producen alimentos agroecológicos para alrededor de diez mil personas.

Luego de cuatro años de discusiones, logran que la Ordenanza sea aprobada por unanimidad, a partir de la construcción de consensos. Ésta tiene como finalidad ordenar el territorio y establecer limitaciones a la práctica de las fumigaciones terrestres como aéreas en los campos destinados a los cultivos del modelo convencional. Incluye huertas familiares, jardines y aplicaciones domisanitarias con el objetivo de proteger tanto al medio ambiente como a la salud humana, y generar “buenas prácticas agrícolas”. En ella además se especifican los mecanismos de transporte de estas sustancias; la localización de los depósitos y locales de venta, junto a un registro de equipos como de las personas que manipulan los agroquímicos; las áreas de exclusión y amortiguamiento, siendo éstas las áreas urbanas, áreas rurales pobladas, escuelas rurales, espejos y cursos de agua, caminos nacionales, provinciales y municipales; las responsabilidades, ya sea en cuanto a la carga y el lavado de los equipos, los residuos propios de la actividad, a la salud y el protocolo que se establece en casos de intoxicación; el control municipal para el cumplimiento de la normativa; y una estadística respecto de la información pública ambiental que está a cargo de todas las áreas municipales que intervienen en su aplicación.

En 2015, también impulsado por la Dirección de Medio Ambiente y Recursos Hídricos del distrito, se presentó –en simultáneo a la discusión de la Ordenanza N° 13/2016– otro proyecto: la creación de la Mesa de Agricultura Familiar para desarrollar políticas de apoyo y la planificación de este sector agropecuario. La legislación fue aprobada y de este modo quedó plasmada en la N° 32/2015. Entre sus objetivos se apunta a promover el acceso a la tierra (fiscal) o los recursos naturales requeridos por el sector, la construcción de una Certificación Participativa del Mercado Agroecológico y la habilitación de un sistema de Ferias Municipales.

Por su parte, el grupo conformado de productores y productoras es de diez personas con un potencial de crecimiento y expansión. Asimismo, debemos destacar el acompañamiento del estado municipal al programa que no sólo incluye el fomento a la agroecología, sino que además se planificó en el predio del vivero municipal el molino harinero. –“La Clarita”–, donde parte de la producción de trigo se procesa ahí, redistribuyendo la harina en las escuelas y el hospital del partido (Palmisano, 2018); una huerta agroecológica y la construcción de una granja en el predio del vivero municipal. Este último se desarrolla a partir de un convenio con el Centro Educativo Agrario N° 30 perteneciente al partido.

A partir de los resultados de esta experiencia, varios productores junto al ingeniero Cerdá (2014), asesor del programa, crean la Red de Municipios que Fomentan la Agroecología (RENAMA) (Palmisano, 2018). Ésta trasciende los límites de Guaminí y actualmente cuenta con 200 productores y productoras, 100,000 ha, 85 asesores y asesoras, 29 grupos y 40 municipios asociados de diferentes regiones de la Argentina y del Uruguay (RENAMA, 2021).

El perfil de las y los productores

Cuando pensamos el campo argentino y las personas que lo producen, trabajan y habitan, no podemos dejar de subrayar la heterogeneidad con la cual nos encontramos si fuéramos a tomar una foto y dejar registro directo de cómo es la vida y el trabajo en él. Sin embargo, en las últimas décadas la ruralidad argentina ha sufrido profundas transformaciones que incidieron rotundamente en la composición de las lógicas que hacen al funcionamiento de la actividad agropecuaria (Villulla *et al.*, 2019). Dentro de la zona estudiada, –la región pampeana–, varios autores se han preguntado por la persistencia de la producción familiar, ya que ésta ha sido protagonista en otras etapas de la historia del desarrollo agrario nacional y producto del modelo hegemónico del agronegocio, cada vez se encuentra más acorralada. Partimos de la idea de que las y los productores entrevistados, junto al desarrollo de las ordenanzas implementadas, están vinculadas con esta categoría analítica, es decir, de agricultura familiar.

Siguiendo a Natalia López Castro (2009, 2013, 2017) que analiza cuáles fueron las estrategias de permanencia de la agricultura familiar en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, la cual encuentra una serie de características que responden a lo vincular, cultural y social que explican en parte las motivaciones y actitudes detrás de las decisiones que han llevado a este sujeto a permanecer en la actividad. Si bien son motivados por objetivos económicos que hacen a la lógica capitalista, en particular destaca el alto grado de compromiso con respecto al trabajo y la continuidad del proyecto y la explotación familiar. Ligado a éste, se percibe una alta valoración de la actividad agropecuaria y el legado del traspaso a las generaciones más jóvenes, junto al papel desempeñado por las mujeres dentro de los esquemas familiares.

A partir de lo expuesto, surgió el interrogante sobre cómo son a grandes rasgos las características de las y los productores entrevistados y sus unidades productivas. Las y los ocho productores entrevistados, seis son hombres y dos son mujeres, cuentan con establecimientos de tipo familiar, por lo general dueños de la tierra, o de sus familias, de escalas pequeñas a medianas, entre 10 y 800 ha, con sistemas mixtos, donde intercalan ganadería con cosechas. En algunos casos cuentan con personal de trabajo fijo y en otros temporario. Algunos de ellos son dueños de sus propias máquinas y, en otros casos, recurren a alquileres. Uno de los productores se dedica a la producción de leche.

En los casos seleccionados, creemos que el planteo productivo que vira hacia la agroecología es una forma particular que adoptan estos sujetos para permanecer en la acti-

vidad agropecuaria: “para hacer agroecología en la pampa húmeda tenes que tener un plateo agronómico con hacienda” (Atilio, productor de Guaminí, julio de 2019). Rescatan la lógica chacarera,¹³ ya que la agroecología propone una vuelta a los planteos “como hacían nuestros abuelos” (Martín, productor de Guaminí, julio 2019), pero sumado al conocimiento y la tecnología específicas del presente.

Como producto de la tecnificación del modelo imperante los sujetos afirman que: “fuimos dejando cosas” (Atilio, productor de Guaminí, julio de 2019). Al igual que las estrategias de la agricultura familiar que analiza López Castro (2009, 2013, 2017) donde existen motivaciones económicas, aquí también podemos observar en los productores que enfatizan en los costos que se ahorran y el alivio financiero: “la gente se olvida de las tarjetas, gastas mucho menos con este sistema” (Atilio, productor de Guaminí, julio de 2019), notando las diferencias de los planteos desde un principio.

En el caso particular de Guaminí, los modelos a seguir son los establecimientos La Aurora en la Provincia de Buenos Aires y Naturaleza Viva en la provincia de Santa Fe. La Agroecología además de proyectar una actividad sostenible (Gliessman *et al.*, 2007; Wezel *et al.*, 2020), cuida la salud de productores, trabajadores y el suelo, que es parte del medio ambiente y la tierra. Asimismo, encuentran que sin el apoyo del Municipio y la conformación del grupo de las y los productores la transición del modelo hubiese sido difícil, “el grupo es un soporte muy importante, como una familia” (Atilio, productor de Guaminí, julio de 2019).

En Saladillo, un productor la define de la siguiente manera:

...para nosotros la Agroecología es una forma de vida, o sea como para darle todo un sistema: no es solamente la producción, no es solamente producir sin químicos, tiene que ver también con otras cuestiones, sociales, culturales, históricas, políticas, de un montón de cosas. O sea, es un sistema complejo y para nosotros es eso, es una forma de vida, es ver las cosas de otra manera, y creo que es eso por ahí lo que lo hace más complejo la situación, ¿me entendés? No es nada más bueno che, lárgate, producís sin agroquímicos y listo, ya está (Gabriel, productor de Saladillo, julio de 2019).

¹³ Cuando nos referimos a esta lógica, pensamos en la definición que desarrolla José Muzlera, 2019, sobre el sujeto: “el chacarero es un sujeto típico de la región pampeana argentina del siglo XX, forma parte de una categoría más amplia: productor familiar, más específicamente es un productor familiar capitalizado. La figura del chacarero suele ser asociada a la del farmer norteamericano. Se caracteriza por combinar propiedad de la tierra y de los medios de producción y por explotar fuerza de trabajo tanto propia como familiar. Se diferencia del campesino esencialmente por organizar su producción para el mercado y poseer capacidad de acumulación” (2019: 111). Para complementar dicha información se recomienda Giarracca y Palmisano (2013).

De igual modo, las y los entrevistados señalan que hacer Agroecología y convivir con planteos productivos “convencionales” se torna difícil, ya que la deriva de los agroquímicos y los olores se sienten igual. Aquí surge el dilema de saber hasta qué punto las y los productores agroecológicos realmente pueden practicar la actividad sin contaminantes externos. Algunos estudios (Bernasconi *et al.*, 2017, 2021) han determinado la movilidad de los plaguicidas en establecimientos agroecológicos rodeados de establecimientos “convencionales”. Así, se demostró que los campos agroecológicos son afectados por las prácticas de los convencionales, incluso en sitios alejados de la interfaz entre ellos. Esta situación genera un potencial riesgo para la agrobiodiversidad del sistema agroecológico. Y propone un desafío para los municipios, porque si bien cuentan con instrumentos legales para regular la práctica de las fumigaciones y los establecimientos de engorde a corral, junto al incentivo hacia otras agriculturas, este tipo de conflictos se escapa de los alcances regulatorios que poseen los distritos. Lo que se plantea aquí es una disputa por el modelo agrario.

ANÁLISIS

En función de lo desarrollado, podemos arriesgar a modo de supuesto que la irrupción de la Agroecología puede ser pensada como un emerger político. Según Martínez Castillo, las agriculturas alternativas se manifiestan como respuesta política a los problemas ambientales. En este sentido, el autor afirma que debe existir una “voluntad estructural que favorezca a la agroecología como política pública, clave para el desarrollo de una agricultura sustentable” (2004: 3). Como podemos observar, los hallazgos expuestos apuntan a regulaciones sobre agriculturas alternativas. Son los actores señalados en ambos partidos, –productores, vecinos, trabajadores del municipio y agrupaciones, entre otros–, que buscan soluciones a los problemas manifestados por el modelo de agricultura convencional.

Aquí no puntualizamos en cómo se hace agroecología o qué técnicas llevan a cabo los productores, sino su irrupción en los territorios y el abordaje que le fueron otorgando los sujetos y las instituciones, es decir los municipios con las correspondientes ordenanzas. Hay que resaltar el progreso que fue adquiriendo cada legislación y, con ella, los obstáculos que encontraron al momento de proponer otra forma de hacer agricultura. Es decir, en Guaminí la iniciativa parte de una de las áreas del Municipio, la Dirección de Medio Ambiente y Recursos Hídricos, que impulsa en los productores de

escala pequeña a intermedia y de este modo consolidar el proyecto. En Saladillo, por su parte, la propuesta es presentada por una agrupación al Municipio y es en la relación que se establece para consensuar la ordenanza, donde surge la normativa.

La particularidad que encontramos es justamente la dirección desde dónde se promueven las ordenanzas. Es decir, por un lado, tenemos al propio estado municipal de Guaminí como actor principal que interviene en la problemática, abordándola con legislaciones y un programa que extiende a productores; y por el otro, una organización local que promueve normativas “desde abajo”, con la finalidad de que el Municipio de Saladillo regule las actividades agropecuarias y promueva otro modelo agrícola. Dos ejemplos de fomento a las agriculturas alternativas donde intervienen distintos actores en busca de objetivos similares.

En Guaminí el proyecto está afianzado con varias productoras y productores, y dos ordenanzas en poco tiempo, las cuales son modelo a imitar en otras jurisdicciones que presenten problemáticas socio-ambientales como las que abordamos en este documento. El hecho por el cual la RENAMA se origina en la localidad no es casual e indica que en el partido existe un potencial para replicar las alternativas a gran escala. Además, este suceso demuestra la necesidad de generar redes y estímulos de Agroecología fuera de los parámetros del partido. Asimismo, el acompañamiento que realiza el Municipio nos parece fundamental para la continuidad de la iniciativa.

A su vez, en Saladillo transcurrieron más de diez años entre la promulgación de las ordenanzas, es decir desde que se regulan los emprendimientos de engorde a corral y el uso de agroquímicos, a fomentar producciones sustentables. Más allá de que los proyectos presentados por la agrupación no resultan en lo que se esperaba, debido a que en este caso es el Municipio quien traba las iniciativas propuestas y éstas resultan modificadas. Hay que destacar que es el trabajo y compromiso de la agrupación la que motoriza en el distrito este tipo de reglamentaciones, lo que nos conduce a pensar en la idea de “movimientos rebeldes” (Petersen, 2017). De este modo, la agrupación no sólo trabaja en regulaciones, sino que es relevante la autogestión de su espacio en la localidad, la comercialización que le propone a la comunidad como las distintas iniciativas para visibilizar los problemas ambientales de la jurisdicción.

Respecto a la concepción de la agroecología que manifiestan los productores entrevistados, podemos observar que presentan diferencias entre sus enunciaciones. Este punto nos parece llamativo, ya que creemos que esto puede responder por un lado, a la forma en cómo emerge políticamente en los territorios y por el otro, al carácter tripartito que contiene la agroecología: es una ciencia, puede ser una práctica y también un movimiento (Rivera-Núñez *et al.*, 2021; Wezel *et al.*, 2009, 2020). Esta característica peculiar

que presenta el paradigma agroecológico lo transforma en un fenómeno para analizar, ya que a partir de principios básicos puede adaptarse a diferentes agroecosistemas o practicarse por un gran abanico de actores sociales. En cuanto a la ciencia, son varias las disciplinas de distintas áreas del conocimiento las que aportan sus contribuciones y discusiones para enriquecerla. El desafío que se presenta entonces es que, a partir de las experiencias relatadas en el transcurso de las transiciones agroecológicas, se pueda articular allí la recuperación de la práctica chacarera con la dimensión académica de la agroecología (Palmisano, 2018).

Por último, dejamos planteado el interrogante sobre el alcance y el control con los cuales los municipios tienen potestad sobre los territorios y la supervisión de las prácticas agronómicas que se desarrollan en ellos. Es decir, ante las denuncias manifestadas por la agrupación Ecos de Saladillo y lo expresado por las y los productores ante la convivencia de planteos agroecológicos y convencionales, ¿son suficientes las normativas implementadas para proteger la salud de las poblaciones, el medio ambiente y fomentar la Agroecología? Hasta el momento los únicos instrumentos legales con los cuales cuentan los municipios son las ordenanzas. Dependerá de la evolución del fomento a la agroecología, el amplio abanico de las y los actores que la impulsan, así como las políticas públicas de carácter municipal, provincial, nacional e internacional, los que determinen modelos agrícolas ganaderos que apunten a la sostenibilidad.

REFLEXIONES FINALES

Como señalamos en la introducción de este trabajo, de carácter cualitativo y exploratorio, se buscó abordar experiencias que demuestren otra forma de realizar agricultura. Los primeros resultados dan indicios de que esto es posible, pero aún resta trabajo no sólo de parte de los casos abordados, sino del paradigma alternativo y con él la Agroecología, para dar fundamentos sólidos, visibilidad y proyección sobre por qué son necesarias las transiciones a estas agriculturas. En este sentido, son centrales los técnicos que estén formados bajo este paradigma, la difusión de este tipo de conocimiento tanto desde las casas de estudios, como desde el Estado, ya sea a nivel nacional, provincial o municipal, y los propios movimientos que están detrás de la Agroecología. Es decir, el trabajo en conjunto de todas y todos los actores que intervienen en el incentivo de la Agroecología. Sin el aporte de todos ellos será difícil establecer transiciones a modelos agrícolas sostenibles.

Asimismo, nos parece fundamental rescatar el componente político que adquiere la Agroecología y su emerger como respuesta a los impactos socio-ambientales desarrollados en las experiencias abordadas. Consideramos que este componente le aporta al paradigma alternativo, y con él al agroecológico, potentes elementos que fundamentan la urgencia de avanzar hacia las transiciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. (Ed.) (2009). El estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos. En: *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones* (pp. 69-94). SOCLA.
- Altieri, M., Nicholls, C. I. (2020). Agroecology: Challenges and opportunities for farming in the Anthropocene. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 47(3), 204-215. <https://doi.org/10.7764/ijanr.v47i3.2281>
- Bernasconi, C., Demetrio, P., Alonso, L., Mac Loughlin, T., Cerdá, E., Sarandón, S., Marino, D. (2021). Evidence for soil pesticide contamination of an agroecological farm from a neighboring chemical-based production system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 313. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107341>.
- Bernasconi, C., Demetrio, P., Cerdá, E., Sarandón, S., Marino, D. (2017, septiembre 12). Uso del glifosato como trazador ambiental, para evaluar el impacto de la agricultura extensiva sobre suelos agroecológicos. Estudio de caso. *Eje temático: Agrotóxicos y los Organismos Genéticamente Modificados*. VI Congreso Latinoamericano de Agroecología, Brasilia, Brasil.
- Capdevielle, B. (2016-12). La ganadería en tiempos agrícolas: estancamiento, competencia por el uso de la tierra y cambios productivos. (info:eu-repo/semantics/article). [consultado: 29/8/2022], Disponible en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires: <docuciea_n11_05>
- Carrasco, A. E., Sánchez, N., Tamagno, L. (2012). *Modelo agrícola e impacto socio-ambiental en Argentina: Monocultivo y agronegocios* (N.º 1; Serie monográfica). Comité de Medio Ambiente de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo.
- Carrasco, N., Cerdá, E., Zamora, M., González Ferrín, M. S. (2014, noviembre 12). El caso del establecimiento "La Aurora". En: Juárez, B. *Estrategias productivas y socioculturales. "La viabilidad de los 'inviabiles'. Estudios, debates y experiencias sobre formas de producción alternativas al modelo concentrador en el agro"*. Universidad Nacional de Quilmes.

- Cerdá, E., Sarandón, S. J., Flores, C. C. (2014). El caso de la "La Aurora": Un ejemplo de aplicación del enfoque agroecológico en sistemas extensivos del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, Benito Juárez, Argentina. En: Sarandón, S. J. y Flores, C. C. *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables* (pp. 437-463). Buenos Aires: Editorial de la Universidad de La Plata.
- Cittadini, R. (2014). Limitaciones y potencialidades de la agroecología: Enseñanzas de una experiencia en gran escala basada en los principios de la agroecología, el ProHuerta en Argentina. En: Hernández, V., Goulet, F., Magda, D., Girard, N. *La agroecología en Argentina y en Francia. Miradas cruzadas* (pp. 117-132). Buenos Aires: INTA.
- Cloquell, S. (2013). Familias rurales: Límites y posibilidades en el escenario de la Región Pampeana Argentina en el nuevo orden mundial de la agricultura. En: Gasselin, P., Cloquell, S., Mosciaro, M., Albaladejo, C. (Eds.). *Adaptación y transformaciones de las agriculturas pampeanas a inicios del siglo XXI* (pp. 19-41). Buenos Aires: CICCUS.
- Cox, G.W., Atkins, M.D. (1979). *Agricultural ecology: An analysis of world food production systems* (W. H. Freeman).
- Domínguez, D. I. (2019). Cartografía de la agroecología y las disputas territoriales en Argentina. *Revista NERA*, 49(22): 297-313.
- Gargano, A., Adúriz, M., Saldungaray, M. (1996). Agrosistemas del partido de Guaminí. Caracterización, evaluación tecnológico-económica y modelos mejorados sostenidos. *UNS*, 49.
- Giarracca, N., Bidaseca, K. (1999). La entrevista: Técnica metodológica y experiencia comunicativa. En: Giarracca, N. *Estudios Rurales. Teorías, problemas y estrategias metodológicas* (pp. 199-215). La Colmena.
- Giarracca, N., Palmisano, T. (2013). Tres lógicas de producción de alimentos: ¿Hay alternativas al agronegocio? En: Giarracca, N., Teubal, M. *Actividades extractivas en expansión ¿Reprimarización de la economía argentina?* (pp. 159-171). Argentina: Antropofagia.
- Giarracca, N., Teubal, M. (2008). Del desarrollo agroindustrial a la expansión del agronegocio: El caso argentino. En: Mancano Fernandez, B. *Campesinato e agronegócio na América Latina: A questão agrária atual*. Expressao Popular-CLACSO. Recuperado de: http://www2.fct.unesp.br/nera/ltd/campesinatoeagronegocio_2008_fernandes.pdf
- Giarracca, N., Teubal, M. (Eds.). (2013). *Actividades extractivas en expansión: ¿reprimarización de la economía argentina?* Editorial Antropofagia. Recuperado de: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Argentina/iigg-uba/20161025040851/Actividades.pdf>
- Giarracca, N., Teubal, M. (2005). *El campo Argentino en la encrucijada: Estrategias y resistencias sociales, ecos en la ciudad*. Argentina: Alianza Editorial.

- Girbal-Blacha, N. M. (2013). El poder de la tierra en la Argentina. De la cultura agrícola al agronegocio. *Estudios Rurales*, 3(4): 103-115.
- Gliessman, S. R. (2013). Agroecología: Plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología*, 8(2), 19-23.
- Gliessman, S.R., Rosado-May, F.J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V. E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C., Jaffe, R. (2007). Agroecología: Promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 16(1). Recuperado de: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=459>
- Gras, C., Hernández, V. (2013). Los pilares del modelo agribusiness y sus estilos empresariales. En: Gras, C., Hernández, V. (Eds.). *El agro como negocio. Producción, sociedad y territorios en la globalización*. Argentina: Biblios.
- Gras, C., Hernández, V. (2019). *Radiografía del nuevo campo argentino: Del terrateniente al empresario transnacional*. Argentina: Siglo XXI Editores.
- Gras, C., Sosa Varrotti, A. (2013). El modelo de negocios de las principales megaempresas agropecuarias. En: Gras, C., Hernández, V. (Eds.). *El agro como negocio. Producción, sociedad y territorios en la globalización* (pp. 214-236). Argentina: Biblios.
- HLPE (2019). *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/cfs/cfs-hlpe/en/>
- INDEC (2010). CENSO. Recuperado de: <https://www.indec.gob.ar/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2021). *Censo Nacional Agropecuario 2018. Resultados definitivos*. INDEC.
- Lageyre, L.E. (2012). *Estabilidad y sustentabilidad de los sistemas agropecuarios mixtos en el sudoeste bonaerense: Análisis económico de un caso en el partido de Guaminí*. Tesis de magister en economía agraria y administración rural. Argentina: Universidad Nacional del Sur.
- Lapegna, P. (2019). *La Argentina transgénica: De la resistencia a la adaptación, una etnografía de las poblaciones campesinas*. Argentina: Siglo XXI Editores.
- López Castro, N. (2009). Cuando la persistencia es una cuestión de familia. Relaciones familiares, traspaso y género en explotaciones agropecuarias del Sudoeste bonaerense (1987-2007). *Mundo Agrario*, 10(19): 1-45.
- López Castro, N. (2013). La producción familiar en el SO bonaerense de las últimas décadas: Claves productivas de su persistencia (Puán y Adolfo Alsina, 1988-2012). *Huellas*, 17: 187-213.

- López Castro, N. (2017). Transformaciones sociales en el agro pampeano de las últimas décadas: Concentración, persistencia de la producción familiar y su potencial aporte a un nuevo modelo de desarrollo. En: *Agronegocios en la región pampeana: Tensiones por la imposición de un modelo concentrador* (pp. 259-289). Argentina: Universidad Nacional de Quilmes.
- Marini, M. F. (2013). Discriminación de cultivos de distinto desarrollo utilizando imágenes satelitales MODIS. *GeoFocus (Informes y aplicaciones)*, 13(1): 48-60.
- Martínez Castillo, R. (2004). Análisis de los estilos de agricultura ecológica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 72: 10-21.
- Martínez Dougnac, G. (2016). *Monocultivo sojero, concentración económica, acaparamiento y despojo de tierras: Formas actuales de la expansión del capital en la agricultura argentina*. Argentina: Legem.
- McCune, N., Luna, Y., Vandermeer, J., Perfecto, I. (2021). Cuestiones agrarias y transformaciones agroecológicas. En: Benítez, M., Rivera-Núñez, T., García-Barrios, L. *Agroecología y sistemas complejos. Planteamientos epistémicos, casos de estudio y enfoques metodológicos* (p. 143). CopIt-arXives y SOCLA.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2021, noviembre 29). *Estimaciones agrícolas*. Recuperado de: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Municipalidad de Saladillo. (2019a). *Guía del inversor*.
- Municipalidad de Saladillo. (2019b). Municipalidad de Saladillo. Recuperado de: <https://www.saladillo.gob.ar>
- Muzlera, J. (2019). Chacarero (Región Pampeana, Argentina, siglo XX). En: Salomón, A., Muzlera, J. *Diccionario del Agro Iberoamericano* (pp. 111-120). Argentina: Teseo.
- Palmisano, T. (2016a). El agronegocio sojero en Argentina: Modelo extractivo en los mundos rurales. *Revista Economía*, 68(107): 13-35. <https://doi.org/10.29166/economia.v68i107.1996>
- Palmisano, T. (2016b). Transformaciones recientes en la propiedad y tenencia de la tierra rural bonaerense. *Revista de Ciencias Sociales. Segunda Época*, 8(30): 113-133.
- Palmisano, T. (2018). Las agriculturas alternativas en el contexto del agronegocio. Experiencias en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 28(51), Article 51. <https://doi.org/10.24836/es.v28i51.513>
- Palmisano, T. (2019). Alternativas al agronegocio en la provincia de Buenos Aires (Argentina): Dos casos de estudio. *Eutopía. Revista de Desarrollo Económico Territorial*, 16: 183-205. <https://doi.org/10.17141/eutopia.16.2019.4099>

- Partido de Guaminí*. (2019). Partido de Guaminí. Provincia de Buenos Aires. Recuperado de: <http://www.guamini.gob.ar>
- Petersen, P. (2017). Las agriculturas alternativas en un enfoque histórico. En: Salette Caldart, R., Brasil Pereira, I., Alentejano, P., Frigotto, G. *Diccionario de Educación del Campo* (pp. 17-26).
- Piovani, J.I. (2018). La entrevista en profundidad. En: *Manual de metodología de las ciencias sociales* (pp. 215-226). Argentina: Siglo XXI Ediciones.
- Portillo, J. y Conforti, A. (2009). "Feedlotización de la ganadería argentina." En VI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. FCE-UBA, Buenos Aires.
- RENAMA. (2020). RENAMA. <http://www.renama.org/>
- Rivera-Núñez, T., Benítez, M., García-Barrios, L. (2021). Introducción ¿De qué hablamos cuando hablamos de complejidad en agroecología? En: Benítez, M., Rivera-Núñez, T., García-Barrios, L. *Agroecología y sistemas complejos. Planteamientos epistémicos, casos de estudio y enfoques metodológicos* (p. 143). CopIt-arXives y SOCLA.
- Sarandón, S., Flores, C. (2014). La Agroecología: Un paradigma emergente para el logro de un Desarrollo Rural Sustentable. En: *La agroecología en Argentina y en Francia. Miradas cruzadas* (pp. 53-70). Argentina: INTA.
- Sarandón, S. J., Flores, C. C. (2010). Agroecología en escuelas agropecuarias de enseñanza media: El caso de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *LEISA. Revista de AGROECOLOGÍA*, 26(4). Recuperado de: <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol26n4.pdf>
- Sarandón, S. J., Marasas, M. E. (2015). Breve historia de la agroecología en la Argentina: Orígenes, evolución y perspectivas futuras. *Agroecología*, 10(2): 93-102.
- Schwerdt, M., Cerdá, E. (2015). Desarrollo de las primeras experiencias en cultivos agroecológicos extensivos impulsadas desde el estado municipal de Guaminí, provincia de Buenos Aires. V Congreso Latinoamericano de Agroecología- SOCLA, La Plata.
- SENASA (2001, febrero 22). *Resolución N° 70/2001*. Recuperado de: <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-70-2001-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>
- Sevilla Guzmán, E., Soler Montiel, M. (2009). Del desarrollo rural a la agroecología. Hacia un cambio de paradigma. *Documentación social*: 23-39.
- Sosa Varrotti, A., Frederico, S. (2018). Las estrategias empresariales del agronegocio en la era de la financiarización. El caso de El Tejar. *Mundo Agrario*, 19(41). <https://doi.org/10.24215/15155994e086>

- Svampa, M., Viale, E. (2014). *Maldesarrollo: La Argentina del extractivismo y el despojo*. 1.ª ed. Argentina: Katz Editores. Recuperado de: <https://maristellasvampa.net/maldesarrollo/>
- Taddei, E. (2013). El Agronegocio: De la República de la Soja a los Desiertos Verdes. En: Seoane, J., Taddei, E., Algranati, C. *Extractivismo, Despojo y Crisis Climática. Desafíos para los Movimientos Sociales y los Proyectos Emancipatorios de Nuestra América* (p. 335). Herramienta, El Colectivo.
- Teubal, M. (2003). Soja transgénica y crisis del modelo agroalimentario argentino. *Realidad Económica*, 196. En: <http://www.iade.org.ar/noticias/soja-transgenica-y-crisis-del-modelo-agroalimentario-argentino>.
- Toledo, V. M. (2011). La agroecología en Latinoamérica: Tres revoluciones, una misma transformación. *Agroecología*, 6: 37-46.
- Villulla, J. M., Fernández, A., Capdevielle, B. (2019). *Los números rojos de la Argentina verde. El campo entre el conflicto por las retenciones y la gestión de Cambiemos*. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires.
- Wahren, J. (2016). La situación agraria en la Argentina actual: Agronegocio y Resistencias Campesinas e Indígenas. *Retratos de Assentamentos*, 19(2): 37-68. <https://doi.org/10.25059/2527-2594/retratosdeassentamentos/2016.v19i2.238>
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy Journal*, 29(4): 503-515.
- Wezel, A., Gemmill Herren, B., Bezner, K., Barrios, E., Rodrigues Gonçalves, A. L., Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>
- Zarragoicochea, P. (2018). *Efectos del engorde a corral sobre la concentración de nitratos en el agua freática en el Partido de Saladillo*. Tesis de Maestría. Argentina: Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata.

Tetranychus merganser Boudreaux (Acari:Tetranychidae) asociada a *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) y *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) bajo condiciones de invernadero en el sur de la Ciudad de México

Silvia Rodríguez Navarro,^{1*} Margarita Ojeda Carrasco,²
Susana E. Ramírez¹ y Juan Esteban Barranco Florido³

Resumen. En los cultivos, tanto a cielo abierto como bajo cubierta, los ácaros de diferentes familias son plagas importantes. En el caso de las “arañas rojas” (Tetranychidae), del género *Tetranychus*, Dufour, se incluye un número elevado de especies, las que son consideradas plagas potenciales en diferentes cultivos, causando pérdidas significativas. Algunas especies son polífagas, forman colonias y producen telarañas. *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) se encuentra distribuida en diferentes estados de la República Mexicana. En la Ciudad de México, en el caso de los cultivos de moringa y pimiento morrón, se detectó la presencia de “telarañas” y “arañas rojas” en diferentes partes de las plantas y con poblaciones muy altas, por lo cual el objetivo de este trabajo fue la determinación taxonómica de los ácaros asociados. Para ello, en un cultivo de moringa en el Invernadero del Centro de Educación Ambiental “Acuexcomatl” (CEAA) se recolectaron muestras durante marzo de 2017 (4 muestreos); en el Predio de “Las Ánimas” se llevaron a cabo cuatro muestreos de septiembre-diciembre de 2018. En los invernaderos del CEAA, el estudio en pimiento morrón se realizó de julio a noviembre de 2019. Las muestras del material vegetal se revisaron en microscopio estereoscópico. Los organismos recolectados se montaron en laminillas, utilizando Líquido de Hoyer. En la determinación taxonómica se utilizaron claves especializadas. El material colectado corresponde a *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae), especie de interés agrícola, con incidencia en diferentes cultivos de importancia económica. En

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal.

² Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM.

³ Departamento de Sistemas Biológicos. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

* Autora de correspondencia: snavarro@correo.xoc.uam.mx.

México, la reportaron por primera vez en cultivo de moringa en invernaderos de Cd. Victoria, Tamps. *T. merganser* ha sido registrada en el Chile, aunque no se menciona al pimiento morrón. Esta especie incide en todos los órganos de la planta, succiona la clorofila y produce una "telaraña", la cual impide la fotosíntesis y la evapotranspiración de las hojas. En ambos sitios, las plantas estaban cubiertas en un 100% por la "telaraña" de *T. merganser*. Los daños ocasionados por el ácaro fueron: clorosis, marchitamiento y falta de crecimiento. Los ácaros se presentaron en el follaje, tanto en el haz como en el envés y sobre el fruto. Las pérdidas en ambos cultivos fueron de 100%.

Palabras clave: Moringa, Pimiento morrón, *Tetranychus merganser*, Arañas rojas.

Abstract. Mites of different families are important pests in open crops as well as under cover. In the case of "spider mites" (Tetranychidae), the genus *Tetranychus*, includes a large number of species, which are pests in different crops, and cause significant losses. Some species are polyphagous, form colonies, and produce cobwebs. *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae), is distributed in different states of the Mexican Republic. In Mexico City, the presence of "spider web" and "spider mites" was observed in different parts of the plants of moringa and bell pepper crops and with very high populations. The objective of this work was the taxonomic determination of the associated mites. Moringa cultivation: in the Greenhouse of the Environmental Education Center "Acuexcomatl" (CEAA), samples were collected during March 2017, (4 samplings); "Las Ánimas" farm, four samplings were carried out from September-December 2018. Bell pepper, in the CEAA greenhouses, the study was carried out from July to November 2019. The samples of the plant material were reviewed under a stereoscopic microscope; the collected organisms were mounted on slides, using Hoyer's Liquid. In the taxonomic determination, specialized keys were used. The collected material corresponds to *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae), a specie of agricultural interest, with incidence on different crops of economic importance. In Mexico it was reported for the first time, in moringa cultivation in greenhouses in Cd. Victoria, Tamps. *T. merganser*; it has been registered in Chile, although bell pepper is not mentioned. This species affects all the organs of the plant, sucks the chlorophyll and produces a "cobweb", which prevents photosynthesis and evapotranspiration of the leaves. In both sites, the plants were 100% covered by the *T. merganser* spider web. The damage caused by the mite was: chlorosis, wilting and lack of growth. The mites were present on the foliage, both in the bundle as on the underside and on the fruit losses in both crops were 100%.

Key words: Moringa, Sweet pepper, *Tetranychus merganser*, Spider mites.

INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México cuenta con una zona denominada *suelo de conservación*, que representa 59% del total de su territorio. La superficie agrícola cultivada representa alrededor de 37.4% del suelo de conservación. Las alcaldías con mayor extensión de áreas rurales y de conservación son Milpa Alta, Tlalpan, Tláhuac, Xochimilco, Magdalena Contreras y Cuajimalpa, en donde hay producción de maíz, frutales y hortalizas para autoconsumo familiar y para la venta local, así como la producción a mayor escala de nopal, amaranto, hortalizas y plantas ornamentales (FAO, 2015).

La *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) es una planta originaria de la India y actualmente forma parte de la horticultura tradicional del trópico seco mexicano. En México se cultiva principalmente para fines ornamentales debido al reconocimiento de sus propiedades nutritivas, farmacocinéticas e industriales, por lo que existe un creciente interés en fomentar su cultivo a cielo abierto y bajo condiciones de invernadero (Olson y Alvarado-Cárdenas, 2016). El pimiento Morrón *Capsicum annuum*, L. (Solanaceae), comúnmente conocido como pimiento, chile, ají dulce, pimentón o Morrón, entre una multitud de localismos, es la especie más conocida, extendida y cultivada del género *Capsicum*. (Hernández *et al.*, 2018).

Los ácaros de diferentes familias son plagas agrícolas importantes, como es el caso de la familia Tetranychidae, que son conocidos como “arañas rojas”, haciendo referencia a la capacidad que tienen para producir seda, bajo la cual se reproducen y alimentan. La telaraña es una característica que puede ayudar a detectar a las arañas rojas en las plantas, especialmente cuando las poblaciones son altas. Particularmente, el género *Tetranychus* Dufour incluye un número considerable de especies, que son plagas potenciales en diferentes cultivos, ocasionando pérdidas económicas significativas debido a que son altamente polífagas, es decir, que se alimentan de una gran variedad de plantas hospedantes, además tienden a tener un alto nivel de desarrollo y fecundidad y pueden dispersarse tanto activa, como pasivamente. Se reproducen por partenogénesis, es decir, las hembras pueden producir descendencia sin fertilización y tienden a desarrollar resistencia a los plaguicidas rápidamente, mientras que algunos de sus depredadores principales (por ejemplo, ácaros fitoseídeos) son más sensibles a éstos; además, por ser organismos de tamaño pequeño, pueden localizarse en grietas o depresiones del vegetal (Heinz-Castro *et al.*, 2021). Una de estas especies, *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae), se encuentra distribuida en Estados Unidos, China, México y Tailandia (Montelongo-Ruiz *et al.*, 2020). A nivel nacional, *T. merganser* se encuentra distribuido en el noroeste de México, en el estado de Sonora (Ullah *et al.*, 2011), en Oaxaca,

Campeche, Morelos, Yucatán y, principalmente, en Veracruz (Abato, 2011). Tuttle *et al.* (1994), observaron esta especie en el noroeste de México (Sonora), en *Solanum rostratum* Dunal, tomatillo *Physalis* spp. y tabaco cimarrón *Solanum nigrum* L. Valencia *et al.* (2011) indicaron su presencia en el estado de Yucatán, y Lomeli-Flores *et al.* (2008) lo citaron en el estado de Morelos. Por otra parte, *T. merganser* ha sido reportada en *M. oleifera*, en invernaderos de Cd. Victoria, Tamps. (Monjarás-Barrera *et al.*, 2013), siendo el único registro en este hospedero. En el poblado de Tulyehualco, Alcaldía de Xochimilco en Ciudad de México, se observó la presencia de “telaraña” y “arañas rojas” en el cultivo de moringa y de pimiento morrón, en diferentes partes de las plantas y con poblaciones muy altas, por lo cual el objetivo de este trabajo fue realizar la identificación taxonómica de estos ácaros.

Materiales y Método

Zona de Estudio. Comprende dos áreas, el Invernadero del Centro de Educación Ambiental “Acuexcomatl” (CEAA), localizado en el Pueblo de San Luis Tlaxialtemalco, Alcaldía Xochimilco, en la Ciudad de México, cuyo clima predominante es templado húmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 16.2°C, con máximas de 31°C (Gallardo-Salazar *et al.*, 2019). El segundo es el Predio agrícola “Las Ánimas”, que se ubica en Tulyehualco, Alcaldía Xochimilco, en la parte baja del lado norte del volcán Tehutli, en las coordenadas 19°15'22" N y 99°01'06" O, a una altura sobre el nivel del mar de 2,300 m. La precipitación anual es de 800 a 1,500 mm. El clima es C (w), templado subhúmedo con lluvias en verano. La temporada de lluvias se presenta en verano en los meses de mayo a octubre, con una temperatura media al año de 16.2°C y máxima de 31°C; toda el área está libre de aplicación de insecticidas (Peña-Martínez *et al.*, 2013). **Colecta de material acarológico.** En el CEAA se recolectaron muestras durante marzo de 2017; se realizaron cuatro muestreos, de manera semanal, a diferentes alturas del árbol (etapa fenológica de floración) dirigidos, en donde se localizó la presencia de arañas rojas; además se tomaron muestras de follaje y flores de moringa con presencia de ácaros. En el Predio de “Las Ánimas” se llevaron a cabo cuatro muestreos dirigidos, entre septiembre y diciembre de 2018, en diferentes partes de la planta, donde se observó la presencia de “telaraña” y “arañas rojas” con una poblacional muy alta. El material vegetal se colocó entre papel absorbente húmedo y dentro de bolsas de plástico con los datos de colecta, para después ser transportado al laboratorio del Insectario de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X) para su posterior procesamiento.

Pimiento morrón. En los invernaderos del CEAA, el estudio se realizó en el periodo de julio a noviembre de 2019. Durante estos meses se llevó a cabo un muestreo semanal en las plantas de chile morrón afectadas por araña roja, a partir del segundo corte, en y hasta el último corte.

Trabajo de laboratorio. Las muestras del material vegetal se examinaron bajo un microscopio estereoscópico Zeiss® a 5 y 10 X. En el caso del follaje, se revisó el haz y el envés; en la flor, se encontraron ejemplares en todas las estructuras florales: sépalos y pétalos, incluyendo la antera y el filamento. Los ácaros se recolectaron utilizando un pincel de punta fina húmedo y almacenados en viales con alcohol al 70-95%.

Montaje de material acarológico. Los organismos recolectados se montaron en laminillas, utilizando como medio de montaje el Líquido de Hoyer (Krantz y Walter, 2009). Éstas se colocaron en una estufa a 28°C, durante 72 hrs (Rodríguez y Estébanes, 1998). Para su determinación taxonómica se utilizaron las claves de Baker y Tuttle (1994); Tuttle *et al.* (1976) y Rodríguez y Estébanes (1998). Las laminillas se encuentran depositadas en la colección acarológica del Insectario del Departamento de Producción Agrícola y Animal, de la División de CBS, de la UAM-X.

Resultados y Discusión

La observación de la forma del edeago en los machos, carácter indispensable para la asignación de la especie, permitieron la determinación taxonómica del material colectado, que corresponde a *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae). En el cultivo de moringa, en CEAA y en el predio de Las Ánimas, los ácaros se localizaban en el follaje, en la flor, sobre los estambres y las anteras. Las plantas estaban cubiertas en su totalidad por la “telaraña” y los daños observados, durante la colecta del material acarológico, permitieron determinar que las arañas rojas provocaron la clorosis, el marchitamiento y la falta de crecimiento y, en algunos casos, se produjo la muerte de la planta. En el predio de Las Ánimas, en el cultivo de pimiento morrón, la “telaraña” cubrió por completo las plantas. Es necesario señalar la importancia agrícola de *T. merganser*, ya que existen registros de su incidencia en diferentes cultivos de relevancia económica en México, muestra de ello son los trabajos de Reyes-Pérez *et al.*,(2013) sobre el papayo (*Carica papaya* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.); el de Estébanes-González y Rodríguez-Navarro (1991) sobre tomatillo y tabaco cimarrón, y el trabajo de Rodríguez (1999) que señala su presencia en papayo, cacahuete (*Arachis hipogaea* L.) y cempazúchitl (*Tagetes erecta* L.), mientras que Lomeli-Flores (2008) lo localizó en nopal (*Opuntia ficus-indica* L.), en el estado de More-

los. A nivel mundial, Heinz-Castro *et al.* (2021) reportan *T. merganser* como el ácaro rojo, con una distribución en China, Australia y México, en donde causa severos daños en diferentes familias de plantas hospederas, incluyendo Solanaceae, Rosaceae, Oleaceae, Acuifoliaceae, Ranunculaceae, Caricaceae, y Cactaceae. Este ácaro tiene un alto potencial reproductivo, ya que su ciclo de vida es corto y dependiente de la temperatura, varía de 12.9 días a una temperatura de 35°C a 52.2 días, cuando la temperatura fue de 19°C (Reyes-Pérez *et al.*, 2013). Finalmente, dada la importancia agrícola y económica de *T. merganser*, actualmente se implementan alternativas para el control químico, mediante la aplicación de bioacaricidas, como el extracto etanólico de *Chamaedorea radicalis* Mart (Arecaceae), a diferentes concentraciones (Montelongo-Ruiz *et al.*, 2020). Heinz-Castro *et al.* (2021) también evaluaron el potencial bioacaricida de *M. oleifera* (extractos etanólicos a diferentes concentraciones) sobre poblaciones de *T. merganser* bajo condiciones de laboratorio, y los resultados obtenidos indican que puede representar una alternativa para su control; adicionalmente, los ácaros depredadores *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Gamasida: Phytoseiidae) y *Neoseiulus californicus* McGregor (Gamasida: Phytoseiidae) se han evaluado para la reducción de la densidad poblacional de *T. merganser* en cultivo de papaya (López-Bautista, *et al.*, 2016).

Conclusiones

Los resultados del presente trabajo permiten señalar que *T. merganser* presenta características morfológicas y fisiológicas que la señalan como un organismo considerado una plaga de importancia económica, dado el deterioro evidente ocasionado sobre moringa y pimiento morrón, y a que se proponía como estrategia de control la eliminación del cultivo en el invernadero, tanto para moringa como pimiento morrón. Los daños económicos directos que ocasiona este ácaro se asocian con el bajo crecimiento, desarrollo y producción del cultivo, en el cual la planta pierde sus hojas y frutos prematuramente, lo que conlleva a daños económicos indirectos donde el cultivo no es rentable y genera pérdidas económicas para el productor.

Es necesario resaltar que el registro de la presencia de *T. merganser* en moringa, en la Ciudad de México, permite actualizar los datos de su distribución y también sus hospederos, en el caso del pimiento morrón.

AGRADECIMIENTOS

A la Biól. Susana Guzmán y la M. en C. Berenit Mendoza del LaNaBio-IBUNAM por el procesamiento y asesoría en el manejo de las imágenes de los ácaros. Cultivo de Moringa: a los estudiantes Ambris, C., Del Valle, G., González, P. y Juárez, V. del Módulo: Interacciones Bióticas en los Sistemas Agrícolas; del Módulo Estrategias para la Protección Vegetal en los Sistemas: Pérez Gala Rodrigo de Jesús, Minor Nagore Antonio Rodrigo, Máximo Martínez María del Pilar, Torruco Tendilla Jessica, Cultivo de pimiento morrón: Licenciatura de Agronomía-UAM-Xochimilco, por la recolección del material acarológico y trabajo de campo en el invernadero.

BIBLIOGRAFÍA

- Abato, Z.M. (2011). *Manejo integrado de la acarofauna del papayo y su transferencia en el estado de Veracruz*. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Programa en Agroecosistemas Tropicales, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.
- Baker, E.W., Tuttle, D.M. (1994). *A guide to the spider mites (Tetranychidae) of the United States*. West Bloomfield, USA: Indira Publishing House.
- Estébanes-Gonzalez, M.L., Rodríguez-Navarro, S. (1991). Observaciones sobre algunos ácaros de las familias Tetranychidae, Eriophyidae, Acaridae y Tarsonemidae (Acarí), en hortalizas de México. *Folia Entomol. Mex.* 83: 199-212.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura). (2015). *Agricultura Urbana*. Recuperado de: <http://www.fao.org/urban-agriculture/es/> (Consultado: 26/05/21).
- Gallardo-Salazar *et al.* (2019). Calidad de planta y supervivencia de una plantación de oyamel [*Abies religiosa* (Kunth) Schltld. et Cham.] de dos procedencias en México Central. *Agrociencia*, 53: 631-643.
- Heinz-Castro, R.T.Q. *et al.* (2021). Bioacaricidal Potential of *Moringa oleifera* Ethanol Extract for *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) Control. *Plants*, 10: 1034. <https://doi.org/10.3390/plants10061034>
- Hernández Montiel, L.G. *et al.* (2018). Efecto de microcápsulas de *Pseudomonas putida* sobre crecimiento y rendimiento de pimiento morrón. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* Vol. Esp. (20): 4223-4233.
- Krantz, G.W., Walter D.E. (2009). *A manual of acarology*. 3ª. Edition. EUA: Texas Tech University Press.

- Lomeli-Flores, J.R. *et al.* (2008). "Primer reporte de *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae) sobre *Opuntia ficus-indica* L. en Tlalnepantla, Morelos" (pp. 21-25). En: Estrada V., E.G., Equihua, A., Padilla, J. R., Mendoza, A. (eds). *Entomología Mexicana* 7.
- López-Bautista, E. *et al.* (2016). Damage caused by mite *Tetranychus merganser* (Trombidiformes: Tetranychidae) on *Carica papaya* (Violales: Caricaceae) plants and effect of two species of predatory mite. *International Journal of Acarology*, 42(6): 303-309.
- Monjarás-Barrera, J.I. *et al.* (2013). New Report of *Tetranychus merganser* Boudreaux and *Oligonychus punicae* Hirst1 on *Moringa oleifera* Lam. *Southwestern Entomologist*, 40(4): 847-849
- Montelongo-Ruiz, G. *et al.* (2020). The stimulatory effect of *Chamaedorea radicalis* ethanolic extract on *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 46: 5, 318-321. DOI: 10.1080/01647954.2020.1802511318-323.
- Olson, M.E., Alvarado-Cárdenas, L.O. (2016). ¿Dónde cultivar el árbol milagro, *Moringa oleifera*, en México? Un análisis de su distribución potencial. *Revista Mexicana de Biodiversidad*: 1089–1102.
- Peña-Martínez, R. *et al.* (2013). Artrópodos Asociados al ajeno europeo, *Artemisia absinthium* L. (Asteraceae) en Xochimilco, Distrito Federal, México. *Entomología Mexicana*, 1: 1009-1013.
- Reyes-Pérez, N. *et al.* (2013). Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) en papayo (*Carica papaya* L.) a diferentes temperaturas. *Agrociencia* 47: 147-157.
- Rodríguez, N. S., Estébanes, G.M.L. (1998). Acarofauna asociada a vegetales de importancia Agrícola y Económica en México. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (Serie Académicos CBS, No. 27).
- Rodríguez, N. S. (1999). "Ácaros" (pp: 124-140). En: Deloya L., A.C., Valenzuela G., J.E. (Eds.). Catálogo de Insectos y Ácaros Plaga de los Cultivos Agrícolas de México. Soc. Mex. Entomol. Public. Esp. No. Tuttle, D.M., Baker, E.W., Abbatiello, M. (1976). Spider mites of Mexico (Acarina: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 2: 1-102.
- Ullah, M.S., Moriya, D., Badii, M.H. Nachman, G., Goto, T.R. (2011). A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Experimental and Applied Acarology*, 54:1-19.
- Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco (UAM-X). (6 de noviembre de 2020). Instructivo para el funcionamiento interno y operativo del Inmueble denominado Las Ánimas, así como el uso de sus instalaciones y los servicios que presta. *Bole-*

tín Informativo. Cd. De México. Recuperado de: <https://consejoacademico.xoc.uam.mx/sites/default/files/archivos/pdf/BoletinInstructivoLasAnimas2020.pdf>
Valencia, H.M., Otero C., G., Santillán, M.T., Hernández, C.E., G. (2011). Acarofauna en papaya variedad Maradol (*C. papaya* L.) en el estado Yucatán, México. *Entomotrópica*, 26 (1): 17-30.

Asistencia al parto y eficacia del ordeño en la búfala de agua: aspectos etológicos y neuroanatómicos

Fabio Napolitano,^{1,a} Daniel Mota Rojas,^{2,a,*} Ada Braghieri,¹ Agustín Orihuela,³ Adolfo Álvarez Macías,^{2*} Daniela Rodríguez,² Adriana Domínguez,² Nancy José Pérez,² Joseline Jacome,² Andrea Castellón,² Ximena Armenta² y Giuseppe de Rosa⁴

Resumen. La producción de leche de búfala de agua tiene una larga tradición y una importancia creciente en el mundo, principalmente en países asiáticos. No obstante, la literatura disponible en la actualidad sobre esta especie es limitada, por lo cual, este artículo de revisión tiene como objetivo analizar factores fisiológicos y conductuales en procesos clave como el parto y el ordeño, para evaluar sus efectos sobre el bienestar y los procesos de producción y reproducción de las búfalas de agua. Se procedió a una amplia revisión bibliográfica, priorizando artículos científicos recientes y especializados. Los hallazgos se organizaron en dos partes: la primera sobre las tres etapas del parto, abordando las causas y consecuencias de las distocias. En la segunda, se examina el proceso de ordeño, comprendiendo aspectos anatómicos, fisiológicos y patológicos (mastitis). Se concluye sobre la relevancia de mantener el máximo de atención en estos procesos, debido al efecto que tienen sobre el bienestar animal, productividad y rentabilidad de las empresas lecheras bufalinas.

Palabras clave: Bienestar de la búfala de agua, Bienestar del feto, Búfalo doméstico, *Bubalus bubalis*, Distocia, Mastitis.

¹ Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali, Università degli Studi della Basilicata, 85100 Potenza, Italy.

² Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, CDMX.

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, 62209 Morelos, México.

⁴ Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, Portici, Naples, Italy.

* Autores de correspondencia: dmota@correo.xoc.uam.mx y aalvarez@correo.xoc.uam.mx

^a Estos autores contribuyeron de igual forma en este artículo.

Abstract: Water buffalo milk production systems have a long tradition and global growing importance, mainly in Asian countries. However, currently available literature on this species is limited. Therefore, this review article aims to analyze physiological and behavioral factors in key processes such as parturition and milking, to assess their effects on the welfare, production, and reproduction of water buffaloes. Through an extensive bibliographic review, prioritizing recent and specialized scientific articles, the findings were organized in two parts: first, the three stages of parturition, addressing the causes and consequences of dystocia. The second examines the milking process, including anatomical, physiological, and pathological aspects. It is concluded on the relevance of maintaining the maximum attention in these processes due to the effect they have on animal welfare, productivity, and profitability of buffalo dairy production units.

Keywords: Water buffalo welfare, Fetal welfare, Domestic buffalo, *Bubalus bubalis*, Mastitis, dystocia.

INTRODUCCIÓN

El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) se ha catalogado como el animal del futuro gracias a su rusticidad, prolificidad y versatilidad productiva. Actualmente son utilizados como animales de doble propósito, produciendo de manera simultánea carne y leche, además de servir como animales de trabajo (Mota-Rojas, *et al.*, 2020a; Napolitano *et al.*, 2020a; Mota-Rojas *et al.*, 2021a; Napolitano *et al.*, 2021; Bertoni *et al.*, 2022a,b). Debido a ello, su uso se ha expandido rápidamente, pasando de 168 millones de ejemplares en 2005 a 206 millones de búfalos en 2018 en el mundo (FAO, 2019). Aunado a esto, los sistemas de producción intensivos se han instaurado en diversos países como México, Colombia, Ecuador e Italia, representando una industria rentable y de calidad (González-Lozano *et al.*, 2020; Napolitano *et al.*, 2020a,b,c; Bertoni *et al.*, 2021; Rodríguez-González *et al.*, 2022).

Dentro de la producción bufalina, uno de los principales productos es la leche y sus derivados, especialmente queso (Mota-Rojas *et al.*, 2020a). En India son considerados *Diamantes Negros*, ya que aportan más de la mitad en la producción total de leche (Indurkar *et al.*, 2019). Los búfalos son la segunda fuente de suministro de leche en el mundo, con una producción mundial que supera los 120.35 millones de toneladas y que contribuye a 14.4% del total de leche producida anualmente, de la cual 60% proviene de India y 30% de Pakistán (FAO, 2019).

Sin embargo, la productividad general de la búfala se puede afectar por trastornos reproductivos relacionados con el parto (Dhami *et al.*, 2012), al ser un proceso inflamatorio por la liberación de citocinas y prostaglandinas (Mota-Rojas *et al.*, 2019). Un parto normal o eutócico consiste en una serie de respuestas fisiológicas, hormonales, conductuales y morfológicas (Mota-Rojas, *et al.*, 2020b), comprendidas en tres etapas principales: 1) preparto y comienzo del parto; 2) expulsión de la cría, y 3) expulsión de las membranas fetales (Mohammad y Abdel-Rahman, 2013). Con una labor de expulsión normal (eutócica) y/o difícil y prolongada (distócica) se presentan complicaciones con una duración excesiva, que suele requerir asistencia médica (Schuenemann *et al.*, 2011), y puede ser originado por causas fetales o maternas (Napolitano *et al.*, 2020a) (p. ej. pelvis estrecha, torsión uterina o descenso en la dilatación cervical) (Mota-Rojas *et al.*, 2019; Napolitano *et al.*, 2020c). En búfalos, el porcentaje de distocias oscila entre 1 y 2%, pero en algunas razas puede aumentar hasta 5.6 y 12.6% (González-Lozano *et al.*, 2020). Este último tipo de parto suele ser sumamente estresante para la búfala, afectando tanto su producción, como su bienestar, por ello es importante conocer el proceso normal del parto y reconocer los cambios que indican una distocia o patología asociada. Además, resulta relevante reconocer el inicio del parto para asegurar el bienestar, tanto de la cría como de la madre (Deka *et al.*, 2021), con el fin de salvaguardar la producción y capacidad reproductiva (Mota-Rojas, *et al.*, 2020a,b,c; Napolitano *et al.*, 2020a,b,c; Mota-Rojas *et al.*, 2021c).

De igual manera, la productividad y salud de la madre pueden verse afectadas durante el ordeño, ya que un mal manejo por parte de los cuidadores, sumado al nerviosismo del animal, perturba la interacción humano-animal y puede provocar lesiones en extremidades y en ubre, menguando el bienestar de la búfala (Mota-Rojas *et al.*, 2020a,c). Así mismo, procesos como la mastitis, una enfermedad común en el ganado lechero, responde a factores traumáticos, tóxicos o infecciosos (Mota-Rojas *et al.*, 2019; Mota-Rojas, *et al.*, 2020a; Napolitano *et al.*, 2021). La falta de atención a esta enfermedad propicia un deterioro en la salud de la hembra, lo que puede conducir a una baja de productividad y a transcurrir en un proceso sistémico y, por tanto, a desecharla del hato en el primer caso y a su muerte en el segundo (Fagiolo y Lai, 2007). Por todo lo anterior, este artículo se generó con el objetivo de analizar los factores fisiológicos y conductuales dentro de la labor de parto, así como en la rutina del ordeño, con el fin de evaluar su impacto en el bienestar, producción y reproducción de los búfalos de agua.

El bienestar de la búfala en las etapas y modalidades del parto

El control y la asistencia al parto resultan cruciales en el bienestar de la madre y la cría (Napolitano *et al.*, 2020a,b,c). Al ser un animal gregario, la búfala tiende a retirarse del grupo antes de presentarse el parto, bajo sitios seguros, alejada de otras hembras (Mota-Rojas *et al.*, 2020b), de este modo, en sistemas intensivos resultaría idóneo el alojamiento en corrales individuales días previos ($12,5 \pm 2,5$ días) a presentarse el parto (Lanzoni *et al.*, 2021). En la labor de parto se conjuntan respuestas físicas, hormonales y conductuales (Titler *et al.*, 2015) en tres fases continuas: 1) dilatación del cuello uterino o cérvix y la ruptura del corioalantoides; 2) la cría comienza a ser visible en la vulva y es expulsada, y 3) eliminación de las membranas fetales (Mohammad y Abdel-Rahman, 2013; Mota-Rojas *et al.*, 2019). Previo a estas tres fases, es importante identificar las manifestaciones de la etapa preparto para brindar una oportuna asistencia durante el proceso. Éstas comprenden una serie de signos que constituyen un sistema de alerta para prever el momento del nacimiento y aplicar la asistencia oportuna (Streyl *et al.*, 2012; Napolitano *et al.*, 2018; Mota-Rojas *et al.*, 2019; González-Lozano *et al.*, 2020; Napolitano *et al.*, 2020c).

La comprensión de los comportamientos naturales específicos de la especie durante el parto permiten evaluar el bienestar en el proceso, dado que si el parto se prolonga o se complica se tratará de una distocia, la que, sin la asistencia oportuna, puede comprometer el bienestar de la búfala, su fertilidad, producción de leche, además del crecimiento y rendimiento futuro de la cría e, incluso, su supervivencia (Mota-Rojas *et al.*, 2020a,b; Crociati *et al.*, 2022; Mota-Rojas *et al.*, 2022). Esto se puede traducir en pérdidas económicas debido a fetos expulsados muertos por causas como la asfixia uterina y el síndrome de aspiración de meconio (Mota-Rojas *et al.*, 2020d; Mota-Rojas *et al.*, 2021c). Estos mortinatos pueden registrar una prevalencia de entre 13.9 y 34% en unidades de producción bufalina (Nasr, 2017; Martínez- Burnes *et al.*, 2020).

Entre los signos claves de preparto en la búfala se encuentran: el agrandamiento de la ubre (más notorio en primíparas), cuyo efecto es notorio durante los 2 a 3 días previos al parto, a través de la visualización de las venas mamarias tensas; edema de la vulva (se muestra muy flácida) durante las 24 a 36h antes del parto, y ocurrencia de diarreas acuosas que se resuelven después del parto (Das *et al.*, 2013; Napolitano *et al.*, 2020c). Además, la búfala comienza a mostrar inquietud que se intensifica en las últimas dos horas antes del nacimiento dado el aumento de la incomodidad (Barrier *et al.*, 2012), por lo cual es común que se incremente el número de veces en que la hembra se pone de pie y el tiempo para caminar (Huzzey *et al.*, 2005).

De igual forma, previo al proceso del parto, las búfalas presentan con frecuencia un comportamiento de aislamiento, es decir, se alejan de su manada en busca de sitios protegidos para el parto; con ello, también se favorece el vínculo entre la madre y la cría (De Rosa *et al.*, 2009; Mota-Rojas *et al.*, 2019; Napolitano *et al.*, 2020c). La interferencia de este proceso genera conductas de rechazo materno que se correlacionan negativamente con el crecimiento y supervivencia de la cría (Lanzoni *et al.*, 2021). Este vínculo también puede perturbarse por la falta de experiencia de las madres, en especial en hembras primíparas y en partos distócicos (Mota-Rojas, *et al.*, 2021d; Orihuela *et al.*, 2021).

En resumen, el parto es un evento crucial que puede comprometer el bienestar de la madre y de la cría (Napolitano *et al.*, 2020c). Por tanto, un monitoreo adecuado puede dar lugar a la asistencia durante las tres fases del parto que se mencionan a continuación. Las modificaciones que experimenta la búfala antes del nacimiento, incluyendo aspectos fisiológicos y de comportamiento, serán claves para identificar tanto el comienzo de éste, como para prevenir complicaciones y evolucione a distocia, tomando medidas oportunas para disminuir la incidencia de mortinatos en búfalos. Para mayores detalles consultar a Martínez-Burnes *et al.* (2020 y 2021).

Dilatación del cuello uterino

También denominada primera fase del parto, involucra la dilatación del cuello uterino, el inicio de las contracciones miométriales y el posicionamiento del feto para su posterior expulsión, es decir, el momento de preparación para iniciar el parto (Mainau y Manteca, 2011; Martínez-Burnes *et al.*, 2021). La duración de esta etapa en búfalas se reporta entre los 35.25 ± 1.08 a 128.3 ± 14.10 minutos (Dodamani *et al.*, 2010; Das *et al.*, 2013), siendo las primerizas las que suelen emplear mayor tiempo (Mohammad y Abdel-Rahman, 2013).

En rumiantes como la búfala, el inicio del parto ocurre tras la maduración fetal (Young *et al.*, 2011), con un rango que varía entre los búfalos de pantano (320-340 días) y el búfalo de río (305-315 días) (Purohit, 2016 sólo hay 2010); dentro de este último grupo, la raza Murrah muestra 300-306 días en contraste a las Mediterráneo, con 311 a 315 días (Crudeli, 2011), y de los 310 a 315 días de gestación en raza Buffalypso (Rodríguez-González *et al.*, 2022). El inicio del parto se detecta por la secreción de cortisol fetal, mismo que conduce a la síntesis de enzimas placentarias 17-hidroxilasa y 17-20 ligasa, las que son copartícipes de la conversión de progesterona en estrógenos; estos últimos tienen efecto sobre todo el sistema, lo que facilita la disponibilidad de la fosfolipasa

A (enzima ligada a membrana) y, en consecuencia, inicia la hidrólisis de los fosfolípidos con la posterior liberación de ácido araquidónico, contribuyendo en la síntesis de prostaglandina F₂α (PGF₂α), responsable de dar el paso I al parto. La PGF₂α tiene tres efectos principales: en primera instancia, es la responsable de la liberación de Ca⁺ intracelular, que se une a las fibras de actina y miosina para inaugurar el proceso contráctil, asimismo, estimula la liberación de oxitocina del cuerpo lúteo y propicia la pérdida de colágeno, acompañada de un aumento de glucosaminoglicanos, alterando la agregación de las fibras de colágeno, además de iniciar la regresión del cuerpo lúteo (Young *et al.*, 2011; Autumn y Stabenfeldt, 2020).

Durante cada contracción, la búfala puede expresar signos conductuales como: levantar la cola, arquear la espalda y flexionar los corvejones, o bien, mostrar abultamiento en la base de la cola como consecuencia del relajamiento de los ligamentos pélvicos. De igual modo, es posible apreciar movimientos de cola de izquierda a derecha, cambios de postura (decúbito esternal y pararse de forma repetitiva) y mirada constante hacia el flanco derecho, todos estos considerados como signos de dolor (Das *et al.*, 2013; Mota-Rojas *et al.*, 2019; González-Lozano *et al.*, 2020).

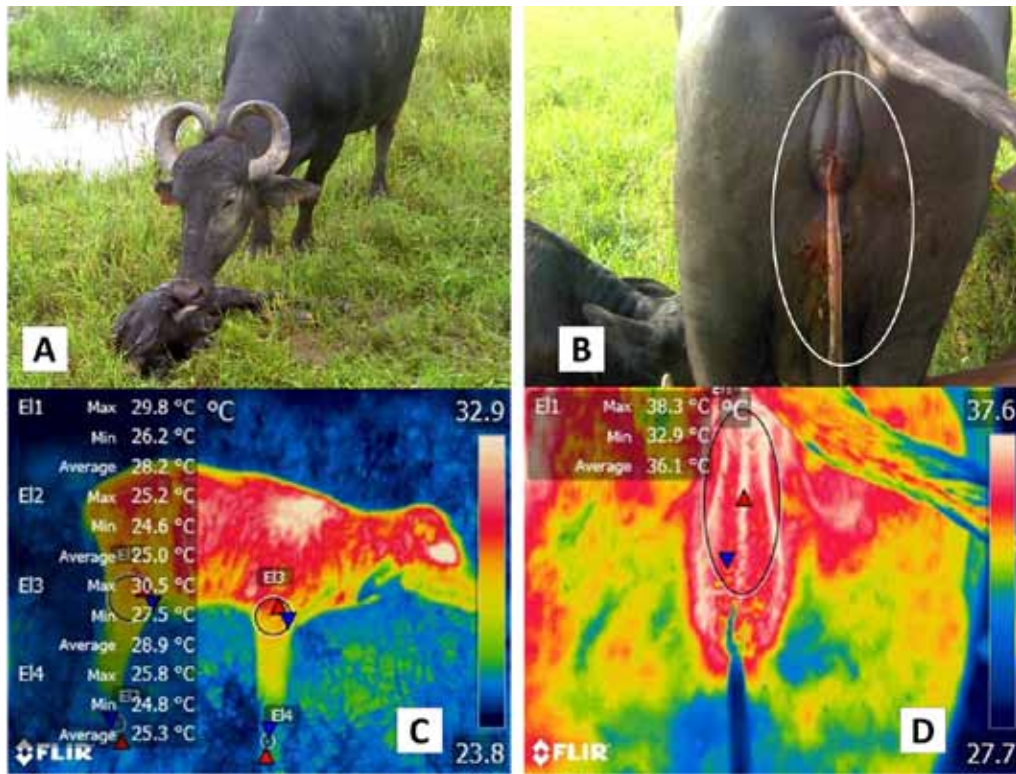
Sin embargo, la aparición de estos síntomas también puede variar conforme al tipo de parto (eutócico o distócico) o el número de partos y experiencia materna. Con base en un estudio realizado por Mohammad y Abdel-Rahman (2013) en búfalas, se develó que el número de vocalizaciones es predominante en novillas ($P < 0,05$), independientemente del tipo de parto; sin embargo, ante procesos distócicos, las búfalas tendieron a presentar, en mayor porcentaje, comportamientos como: patadas con los miembros delanteros, mirar hacia los flancos o arquear la espalda, en contraste a las búfalas con eutocia ($P < 0,01$), resaltando de este modo, la importancia de la observación de este tipo de comportamientos ante la posibilidad de presentarse alguna dificultad durante esta primera etapa del parto (Napolitano *et al.*, 2018). Por su parte, Deka *et al.* (2021) encontraron que 100% de las búfalas de pantano manifestó disminución en el consumo de alimento y agua, presencia de secreción vaginal, nerviosismo, cambios concurrentes de postura (decúbito-ponerse de pie), levantamientos de cola, arqueamiento de espalda y esfuerzo abdominal con micciones frecuentes durante la primera etapa del parto, todo ello como cambios de conducta asociados a una etapa que precede a la expulsión fetal.

Expulsión del feto

La segunda etapa del parto, también llamada fase de expulsión, se caracteriza por la presencia de contracciones abdominales y la ruptura del saco alantocorioideo que desembocan en la expulsión del feto (Mainau y Manteca, 2011; Das *et al.*, 2013; González-Lozano *et al.*, 2020; Martínez-Burnes *et al.*, 2021; Rodríguez-González *et al.*, 2022). La duración de esta etapa en búfalas oscila entre los 30 y 60 minutos (Jainudeen y Hafez, 2000); sin embargo, la duración mínima y máxima se ha calculado en 8.9 ± 0.80 y 43.6 ± 5.25 minutos, respectivamente (Das *et al.*, 2013). Durante esta etapa la dilatación máxima del cuello uterino se alcanza mediante contracciones uterinas, donde la oxitocina resulta protagónica (Purohit, 2010; Mainau y Manteca, 2011). En primera instancia, los estrógenos contribuyen en la formación de receptores de oxitocina en el miometrio, la cual tiende a liberarse en grandes cantidades a causa de la entrada del feto al canal de parto, de modo que, al contacto de los miembros anteriores del feto con la pelvis, provocan estímulos reflejos y su consecuente liberación de oxitocina (reflejo de Ferguson) (Purohit, 2010; Autumn y Stabenfeldt, 2020).

La unión de la oxitocina con sus receptores provoca la contracción del músculo liso y la motilidad uterina, lo que promueve aún más la dilatación del cuello uterino (Purohit, 2010; Chouksey *et al.*, 2022). Asimismo, la relaxina induce la dilatación cervical al relajar el ligamento interpubiano y los músculos asociados que rodean el canal pélvico, provocando que el feto pueda expandirlo a su máxima capacidad de dilatación (Autumn y Stabenfeldt, 2020; Chouksey *et al.*, 2022). Una vez que el feto es expuesto al ambiente extrauterino, la madre continúa con la tercera fase del proceso de parto, mientras que el neonato comienza un proceso de termorregulación con el fin de disminuir la cantidad de calor que se disipa por el pelaje húmedo de líquido amniótico y por su baja capacidad de termogénesis, lo cual influye en las temperaturas superficiales que se pueden evaluar mediante la termografía infrarroja (Mota-Rojas *et al.*, 2022), como se describen en la Figura 1.

Figura 1. El parto de la búfala de agua, su termoestabilidad y el vínculo madre-cría



A. Búfala de agua estableciendo el vínculo con su becerro recién nacido. La formación del lazo madre-cría se lleva a cabo mediante estímulos visuales, olfatorios, táctiles y auditivos. B. Búfala de agua recién parida; se observa la vulva turgente y edematosa con restos de membranas placentarias sanguinolentas.

C. Imagen radiométrica de un becerro de búfalo de agua recién nacido. En esta imagen se destaca el proceso de hipotermia presente en miembro pelviano (E1 y E2) con temperaturas promedio de 26.6°C, que son similares a la registrada en miembro torácico (E3 y E4), con un promedio de 27.1°C. Este efecto se atribuye a la vasoconstricción periférica presente en las extremidades, con el fin de redirigir el flujo sanguíneo a órganos centrales y prevenir una disminución significativa de la temperatura corporal.

D. Termograma de la región vulvar después de la expulsión del feto. La región vulvar (E1) muestra una temperatura máxima, mínima y promedio de 38.3, 32.9 y 36.1°C, respectivamente. La temperatura máxima indica un aumento de temperatura en dicha área a causa de las continuas contracciones a favor de la expulsión de las membranas fetales.

Para mayor información consulte a Mota-Rojas *et al.* (2022).

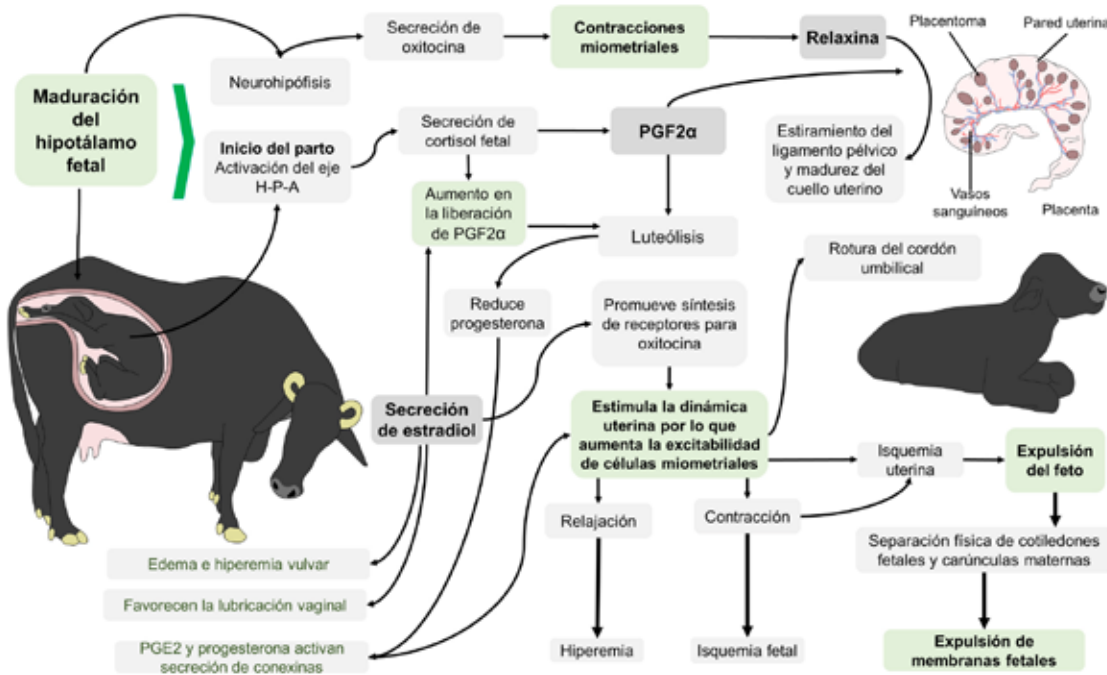
Expulsión de las membranas fetales

Consumado el nacimiento de la cría, comienza la tercera y última etapa del parto, que consiste en la expulsión de la placenta para entablar la involución uterina (Mota-Rojas *et al.*, 2019; Mota-Rojas, *et al.*, 2020a). Se ha estimado que la expulsión placentaria suele ser en las primeras 0.5 a 8 horas post parto, tanto en búfalas como en vacas (González-Lozano *et al.*, 2020), pero si este proceso no ocurre dentro de las primeras 12 horas o se extiende más allá de 24h después del parto, la búfala estaría reteniendo las membranas fetales (RFM), la cual tiene una incidencia de 22.8% en búfalas en comparación con 19.44% en vacas lecheras (Fourichon *et al.*, 2000; González-Lozano *et al.*, 2020; Eppe *et al.*, 2021).

La información sobre el mecanismo de retención de la placenta en búfalas, así como sus posibles consecuencias es limitada; sin embargo, se puede asumir que es similar a otros bovinos (González-Lozano *et al.*, 2020), además de presentar características morfológicas similares en su placenta (Schmidt *et al.*, 2006; Morini *et al.*, 2008). Los bovinos presentan placentas cotiledonarias, en donde los cotiledones fetales se unen a las carúnculas maternas gracias a sus vellosidades, formando estructuras especializadas llamados placentomas (Patel y Parmar, 2016), los que permiten el anclaje de la placenta, así como el intercambio de sustancias entre la madre y el feto (Schmidt *et al.*, 2006; Napolitano *et al.*, 2020c).

La retención primaria de las membranas fetales se explica porque el desprendimiento de las carúnculas maternas no se lleva a cabo, en comparación con la retención secundaria, la cual se asocia con la dificultad mecánica para expulsar las membranas fetales que ya han sido desprendidas, debido a distocias o atonía uterina por algún traumatismo (Patel y Parmar, 2016). El desprendimiento de los componentes placentarios depende de respuestas fisiológicas y endocrinas (Attupuram *et al.*, 2016) que comprenden la pérdida de adherencia entre los epitelios maternos y fetales (Kamemori *et al.*, 2011), esto debido a una disminución en la concentración de colágeno en la carúncula por la acción de la relaxina secretada en respuesta de la lisis del cuerpo lúteo (Patel y Parmar, 2016) que, en conjunto con las contracciones miométriales, provocan alteraciones en las vellosidades de los cotiledones, facilitando la expulsión placentaria (González-Lozano *et al.*, 2020) (Figura 2). Lo anterior es el resultado de una serie de procesos que inician con la suspensión de la circulación feto-placentaria, propiciando que las vellosidades del placentoma disminuyan (Patel y Parmar, 2016), lo cual, a su vez, induce una reducción del tamaño y cantidad de las células epiteliales maternas, produciendo una “maduración placentaria” que aumenta la apoptosis en los trofoblastos del endotelio materno, culminando en la lisis de la matriz extracelular que mantiene asociados los epitelios maternos y fetales (Figura 2) (Benedictus *et al.*, 2015; González-Lozano *et al.*, 2020; Napolitano *et al.*, 2020c).

Figura 2. Mecanismos fisiológicos y endocrinos involucrados en la tercera etapa del parto



La imagen ilustra los cambios fisiológicos y morfológicos que inducen el parto, además de su rol en la separación y expulsión de las membranas fetales.

H-P-A: Eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal.

Prostaglandina (PG).

Prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) necesaria para la luteólisis, la pérdida de colágeno y la liberación de Ca⁺ celular, facilitando las contracciones del miometrio y la regresión del cuerpo lúteo.

Prostaglandina E₂ (PGE₂).

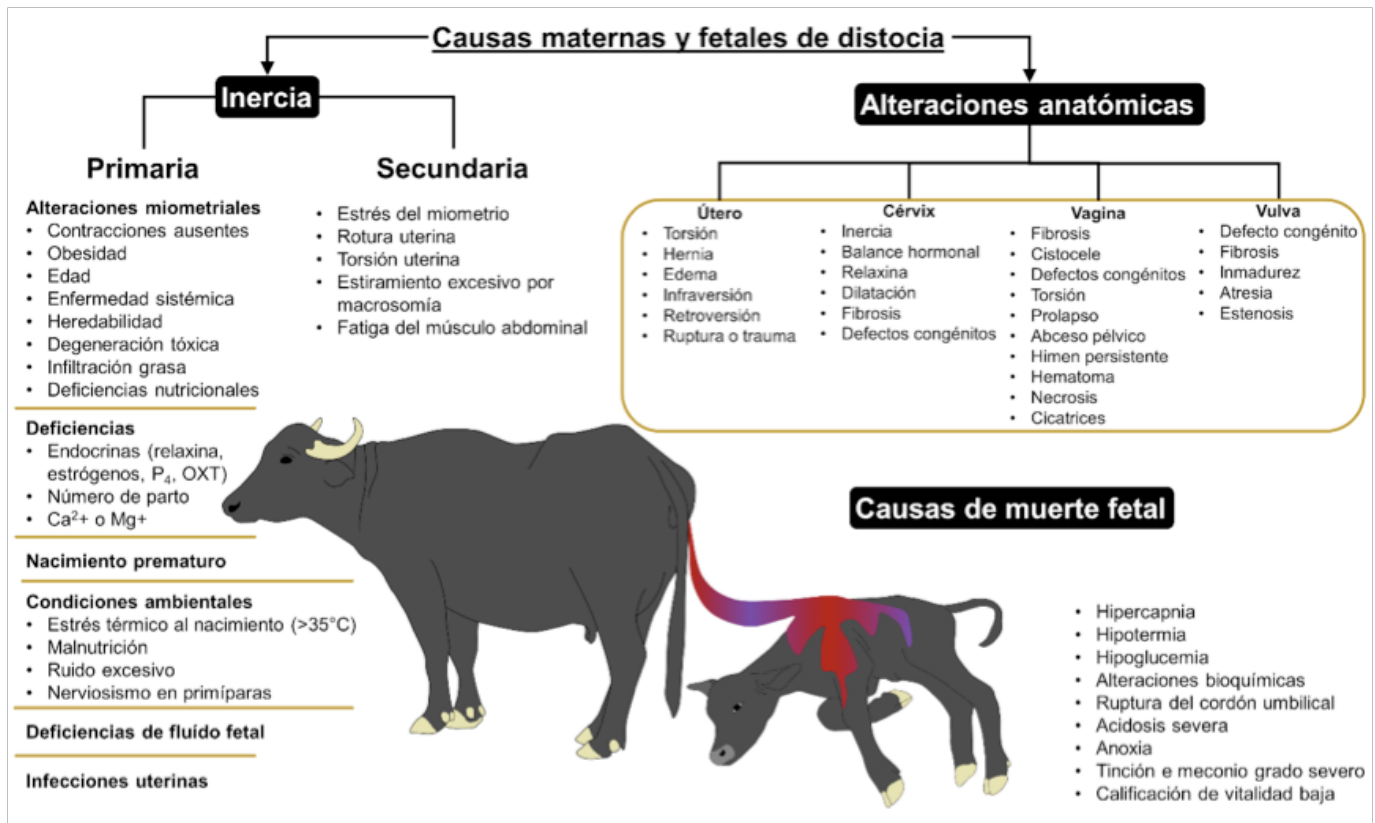
Se ha previsto que algunos eventos como el aborto, partos forzados o prematuros, gestación tardía, atonía uterina, así como deficiencias nutricionales (Patel y Parmar, 2016) y la respuesta inmune materno-fetal puedan estar implicados en la RFM. Esta última puede deberse a que los fetos expresan anticuerpos paternos, que son semi alogénicos para el sistema inmune de la madre, el cual regula su respuesta para evitar un rechazo inmunológico fetal. Sin embargo, durante el parto puede ser de vital importancia, ya que ayuda en la pérdida de la adherencia materno-fetal en la placenta, por lo que una inmunosupresión puede propiciar el desarrollo de la RFM (Benedictus *et al.*, 2015; Patel y Parmar, 2016).

De igual forma RFM en las búfalas es una de las principales complicaciones postparto que predispone al desarrollo de endometritis severa, piometra, ovaritis, parametritis, cistitis, peritonitis, prolapsos vaginales, disminución en la producción láctea y fertilidad, así como un aumento del período entre partos, lo cual preocupa a los productores, ya que se requiere atención médica, tratamientos costosos (Gohar *et al.*, 2018; Indurkar *et al.*, 2019; Mota-Rojas *et al.*, 2019), y una reducción del rendimiento reproductivo, ya que la tasa de concepción después de presentar RFM es entre 4 y 10% inferior a una búfala sin estos antecedentes (Gohar *et al.*, 2018). Por tanto, las afectaciones a la salud del hato, la producción láctea y la eficiencia reproductiva repercuten en una disminución de los ingresos del productor y están íntimamente ligadas a distocias (Kamemori *et al.*, 2011; Dhami *et al.*, 2012; Kalasariya *et al.*, 2017; Mota-Rojas *et al.*, 2020c).

Distocia

Una distocia es aquella que se complica y alarga y, por lo general, requiere intervención quirúrgica, aunque en búfalos de agua no siempre se puede llevar a cabo debido a la falta de un médico veterinario en la finca (González-Lozano *et al.*, 2020; Mota-Rojas *et al.*, 2020c). Aproximadamente 23% de los casos de distocia por torsión uterina requiere cirugía y otro 84% tiende a corregirse con asistencia médica de forma manual vía vaginal (Zaborski *et al.*, 2009). Aún no se asume alguna clasificación en común para determinar la dificultad del parto, sin embargo, existen algunos parámetros que coadyuvan en su determinación por medio de puntuaciones o de características específicas que se aprecian durante un caso distócico (Zaborski *et al.*, 2009; Mota-Rojas *et al.*, 2019; Napolitano *et al.*, 2020c; Mota-Rojas *et al.*, 2020c) (Figura 3).

Figura 3. Causas maternas y fetales de distocia



Dematawewa y Berger (1998) determinaron el efecto de la distocia en los rendimientos de leche y el contenido de grasa y proteína, número de servicios y las pérdidas en vacas Holstein para estimar la pérdida económica asociada con la distocia y, de ello, resultó un sistema de puntuación de distocia. Este último se fundamentó en el grado de dificultad, con un puntaje máximo de 5, en donde: 1) no existe ningún problema 2) requiere asistencia leve, 3) asistencia necesaria, 4) se necesita una fuerza considerable y 5) dificultad extrema. Por otro lado, Hansen *et al.* (2004) llevaron a cabo inferencias sobre las heredabilidades maternas y directas de la duración de la gestación, la mortinatalidad, dificultad de parto y tamaño de la cría en el primer parto, examinando la asociación genética en vacas Holstein, de esto surgió una calificación de cuatro puntos para la dificultad del parto: 1) fácil, 2) Fácil con asistencia, 3) Difícil, pero sin asistencia veterinaria y 4) Difícil con asistencia veterinaria.

Los procesos de distocia representan cuantiosas pérdidas económicas en hatos de búfalas, por la mortalidad de neonatos, reducción de producción de leche, sacrificios, enfermedades y gastos veterinarios, entre otros (Zaborski *et al.*, 2009). En búfalas y neonatos es esencial observar su comportamiento durante el parto para diagnosticar si están atravesando por un proceso de distocia. Por ejemplo, las hembras pueden permanecer inmóviles, golpear el suelo con alguna extremidad, mirar su abdomen o encorvar su espalda, comportamientos que no se han detectado en alumbramientos eutócicos (Derar y Abdel-Rahman, 2012), y cuya manifestación depende de los factores maternos o fetales que pueden desencadenar una distocia.

Causas maternas

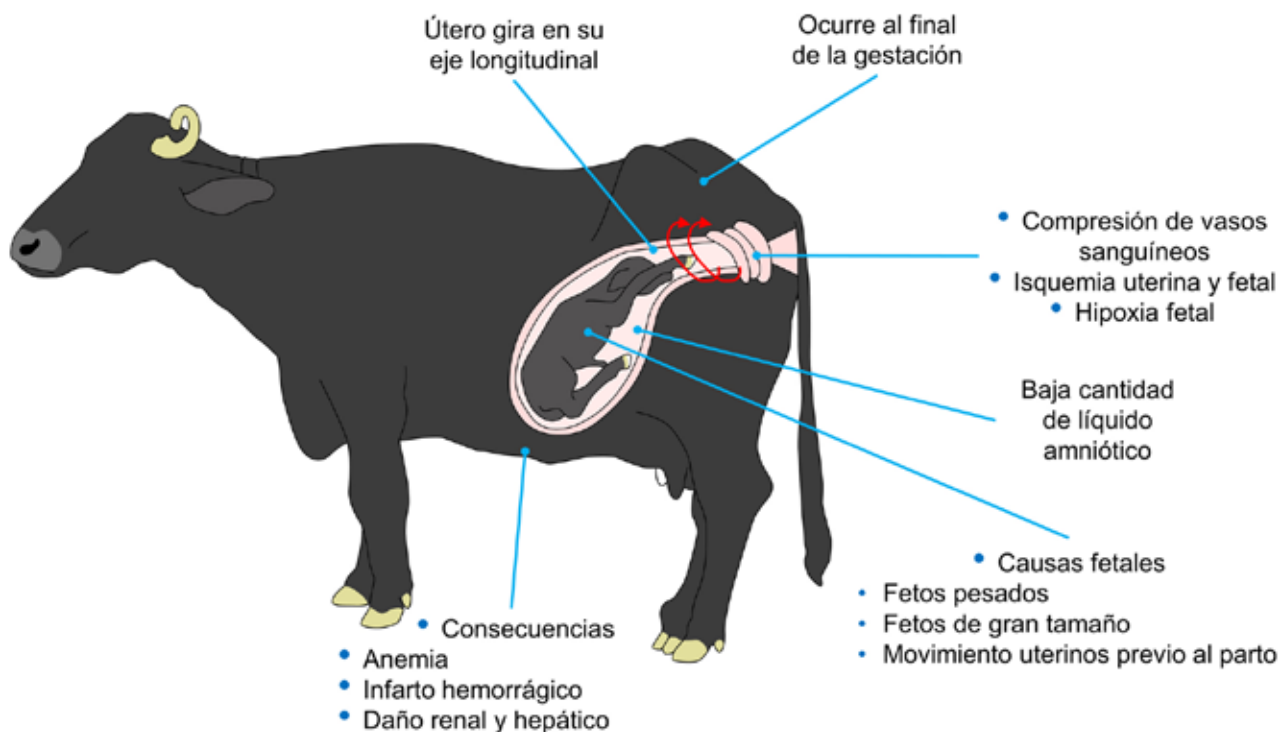
En los búfalos se observa una mayor cantidad de distocias por las causas mencionadas. Los problemas reproductivos en búfalas al momento del parto se relacionan principalmente con la torsión uterina o su desplazamiento ventral, anomalías pélvicas, estenosis, neoplasias vaginales/vulvares, cistocele vaginal, inadecuada dilatación del cérvix, edad, genética, hormonal y mal manejo, principalmente. Las causas de distocia surgen generalmente por una constricción/obstrucción o una disminución de la fuerza durante las diferentes etapas del parto (Mee, 2013; Mota-Rojas *et al.*, 2019; González-Lozano *et al.*, 2020), como se describe a continuación.

Entre las anomalías, las proporciones pélvicas pequeñas en relación con el tamaño del neonato representan una de las causas de distocia en búfalas, junto a las deformidades pélvicas, exostosis, hipoplasia en vulva o vagina, luxaciones o desplazamiento del sacro (Uematsu *et al.*, 2013). Por otro lado, las neoplasias en cuello uterino y vagina de búfalas suelen identificarse después del parto cuando sucede el prolapso, e incluyen carcinomas, adenomas, lipomas, fibromas o pólipos (Kumar y Singh, 1984). El cistocele vaginal es la protrusión de la vejiga urinaria sobre la vagina, debido a la distensión del piso pélvico que provoca distocia materna. De esta manera la vejiga obstruye el canal del parto y deriva en una distocia (Jeengar *et al.*, 2015).

La dilatación del cuello uterino es esencial para la cavidad del feto a través del canal de parto. Para ello, las hormonas juegan un papel fundamental para el ablandamiento de las fibras y la fuerza uterina contráctil, las cuales favorecen una dilatación eficaz del cuello uterino. A pesar de que este factor no es comúnmente reportado en búfalas, cuando la dilatación del canal de parto es incompleta se puede generar una distocia (Das *et al.*, 2013; Martínez-Burnes *et al.*, 2021).

La torsión del útero puede ocurrir en un cuerno uterino gestante y es sobre su propio eje longitudinal, provocando la constricción de la vasculatura. La torsión uterina es la principal causa de distocia en búfalas debido a las características de su útero, que facilita la entrada de bacterias y puede inducir la muerte fetal, catalogada como una emergencia médica (Figura 4) (Khan *et al.*, 2009; Mota-Rojas *et al.*, 2020c; Martínez-Burnes *et al.*, 2021).

Figura 4. Torsión uterina en búfalos de agua: causas y consecuencias



Una de las principales causas maternas de distocia es la torsión uterina, que se suele presentar en las etapas finales de la gestación, como resultado de un giro del útero sobre su eje longitudinal. Esta rotación compromete la circulación sanguínea hacia el útero y la cría, complicando tanto a la madre como al feto/neonato.

En el desplazamiento ventral del útero, la disminución de fuerzas expulsoras uterinas es otra de las causas de distocia, ya que se obstruye la expulsión del feto, quedando atrapado en el canal de parto, por las insuficientes contracciones para evacuarlo (Noakes *et al.*, 2009).

Causas fetales

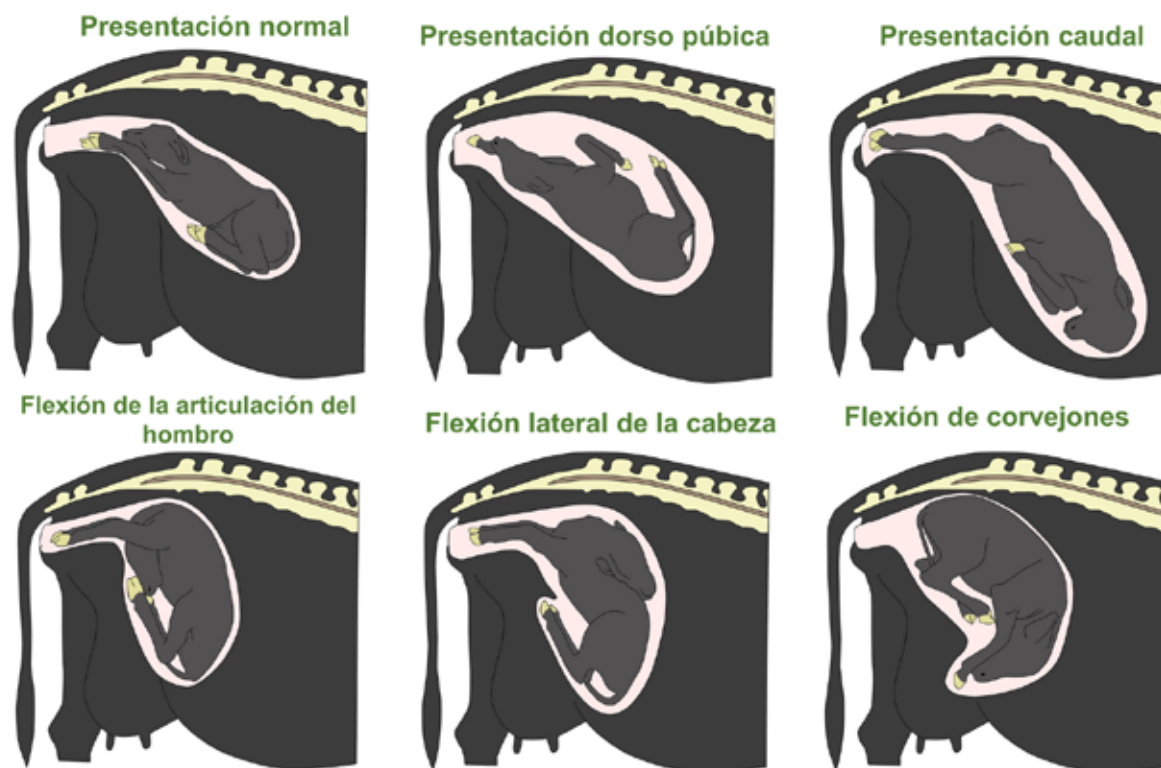
Las complicaciones durante el parto pueden generar crías con menor vigor y, como consecuencia de un parto prolongado, los cuidados maternos pueden reducirse debido al dolor y el agotamiento (Barrier *et al.*, 2013).

Las búfalas muestran una baja predisposición a los partos distócicos debido a sus características anatómicas, como la estructura genital y pélvica que favorecen la dilatación (Rodríguez-González *et al.*, 2022). No obstante, existen condiciones propias del feto que pueden complicar el parto, una de ellas asociada al elevado peso al nacimiento, respecto al tamaño de la madre (Lombard *et al.*, 2007). Sobre esta relación se ha demostrado que las búfalas que paren terneros machos tienden a presentar una mayor incidencia de este tipo de trastornos durante el parto (Rabbani *et al.*, 2010).

Dado que las búfalas tienen un período de gestación más largo que las vacas, aproximadamente de 10 y 9 meses, respectivamente, se pronostica un mayor peso del bucerro al nacimiento (Fraga *et al.*, 2004). Aunado a ello, el sexo, periodo de gestación, y enfermedades congénitas alteran el tamaño del feto y, aunque no son comunes, existen estudios de casos en búfalos con hidrocefalia, los que han requerido una dilatación intencional y tracción por el gran tamaño del feto que obstaculiza el canal de parto (Ahuja *et al.*, 2017).

Como se ha mencionado, la deficiente posición del feto durante la labor de parto es un factor que detona las distocias (Figura 5). En este sentido, estudios en terneros, realizados por Holland *et al.* (1993), revelaron que en 96% de los nacimientos las presentaciones fueron normales y 4% con anomalías. Estos estudios también establecieron que la gran mayoría de las malas presentaciones fueron en posición dorsal posterior (72.8%), seguidas de una posición de flexión unilateral del carpo o del hombro (11.4%), presentación caudal (8.2%), flexión lateral de la cabeza (2.5%), flexión de corvejones (1.9%), ventral posterior y transversa (1.3%), y ventro-vertical oblicua (0.6%). Esta clase de complicaciones comprometen el bienestar de la cría como de la madre y suelen demandar una intervención mediante la tracción o, en casos extremos, la intervención quirúrgica (Abdullah *et al.*, 2014).

Figura 5. Posiciones anormales del feto que causan distocia en las búfalas



La ilustración representa las posiciones inadecuadas del feto que se pueden detectar durante el parto de búfalas y que complican la expulsión de la cría. Se contrasta con una presentación normal. Para mayores detalles consulte la tercera edición del libro de Bienestar del búfalo de agua en las Américas de Napolitano *et al.* (2020). La distocia en búfalas motiva la aplicación de prácticas que promuevan la correcta asistencia, monitoreo e intervención del parto que serán fundamentales para mantener el bienestar de la búfala y la cría, con el propósito de disminuir el número de mortinatos y mejorar la eficiencia animal.

Ordeño, comportamiento y bienestar de la búfala

Un elemento fundamental en la vida productiva de la búfala lechera es la eficiencia en la ordeña, inherente al proceso de lactación, el cual oscila de 240 a 270 días (Bertoni *et al.*, 2020a; Napolitano *et al.*, 2020b; Vázquez-Luna *et al.*, 2020; Rodríguez-González *et al.*, 2022). Los niveles de productividad por lactancia también se relacionan con factores genéticos,

número de lactancia, salud de la ubre y el grado de bienestar alcanzado durante el día y durante la ordeña (Patbandha *et al.*, 2015; Gabr *et al.*, 2017; Rahman *et al.*, 2019).

La ordeña influye en el rendimiento lechero y se han observado prácticas inadecuadas del personal, como gritos, golpes y forcejeo (Bertoni, *et al.*, 2020b; González-Lozano *et al.*, 2020; Mota-Rojas, *et al.*, 2020d), u otros factores como el deficiente mantenimiento de las ordeñadoras o un vacío incorrecto de las mismas (Rosa *et al.*, 2007; De Rosa *et al.*, 2009), elementos que merman el desempeño productivo y predisponen hacia comportamientos negativos o nerviosismo, los que pueden derivar en lesiones en extremidades y ubre al intentar patear al manejador o escapar (Mota-Rojas *et al.*, 2020a). Por ello, es trascendente planear el proceso de ordeño con el objetivo de precisar las acciones, prácticas o procedimientos que propicien un ambiente positivo para las hembras y, por ende, la bajada de leche.

En el ordeño, las búfalas presentan una alta sensibilidad a estímulos externos que generan la síntesis y secreción de adrenalina al torrente sanguíneo, induciendo vasoconstricción en glándula mamaria (GM) a nivel de capilares y vasos sanguíneos, limitando el aporte de oxitocina, neuropéptido necesario en la eyección activa de la leche (Di Palo *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2011; Napolitano *et al.*, 2020b), además de inhibir la contracción de las células mioepiteliales presentes en los alvéolos. Entre estos estímulos destaca el ruido excesivo de las máquinas de ordeño, que les generan incomodidad y retención de la leche (Polikarpus *et al.*, 2014), por ello es relevante la habituación previa al ingreso a la sala de ordeño y el establecimiento de rutinas para evitar neofobia en las búfalas, además de proveer un manejo amable para suscitar efectos positivos, productivos y fisiológicos (Ellingsen *et al.*, 2014).

Ante cambios en la rutina de ordeño, se ocasionan estados de alerta e incomodidad que afectan la producción durante la lactancia (Thomas *et al.*, 2004). Se ha informado que de acuerdo a la fisiología y anatomía de la búfala, la extracción de la mayor cantidad de leche (alveolar) se presenta después de la liberación de oxitocina en torrente sanguíneo, de ahí la importancia de una estimulación previa para lograr una eyección activa (Faraz *et al.*, 2021).

Los estímulos antes mencionados dependen del tipo de ordeña. En el ordeno manual es común observar la presencia del bucerro a un costado de la hembra, el cual incentiva la secreción y liberación de oxitocina en la madre (Espinosa *et al.*, 2011). Por el contrario, en el procedimiento mecánico se dificulta el apoyo de la cría y se realiza el lavado manual y movimientos moderados por parte del manejador sobre la ubre para estimular la bajada de la leche (Bidarimath y Aggarwal, 2007). Esta práctica también es común en el ordeño manual.

Otras actividades que favorecen el bienestar en la búfala son el orden durante la ordeña, en el cual los animales presentan una disposición constante a la sala (Flower *et al.*, 2006; Melin *et al.*, 2006). Esta actividad puede estar influenciada por factores jerárquicos, de salud o productivos (Polikarpus, 2013; Polikarpus *et al.*, 2014). En las búfalas se han detectado preferencias respecto al sitio de ordeño en la sala (Polikarpus, 2013; Napolitano *et al.*, 2020b), debido a que se habitúan a espacios específicos y cuando éstos son modificados o no se respetan patrones de procedimiento pueden causar estrés (Mota-Rojas *et al.*, 2020b).

En sistemas de producción intensivos, con ordeños mecánicos, el estrés por separación madre-cría, la entrada a un ambiente nuevo y la interacción con humanos, especialmente cuando desconocen estas rutinas antes del primer parto y lactancia, son factores que alteran a los animales durante el proceso (De Rosa *et al.*, 2009).

Se ha reportado que en unidades de producción lechera especializadas se utiliza más de 50% del tiempo de trabajo en el proceso de ordeño, buscando la optimización de ocupaciones, aumentando la capacidad de ordeño para reducir costos mediante la selección de animales con las mejores cualidades para el mantenimiento del hato (Boselli *et al.*, 2016, 2020). En este sentido, Prasad y Laxmi (2004) recomendaron la selección de búfalas con temperamento dócil para facilitar el manejo y reducir los niveles de ansiedad, ya que los animales agresivos suelen retener leche, disminuyendo la capacidad de ordeño y aumentando el tiempo dedicado a esta actividad.

Para establecer rutinas y un ordeño ordenado que no produzca ansiedad o estrés en las búfalas, también se ha sugerido el uso de oxitocina exógena. Aunque se tienen controversias a lo largo de los años con esta práctica, resulta común bajo el argumento de que de otra forma no habría una bajada de leche activa y correcta (Olmos-Hernández *et al.*, 2020; Bertoni *et al.*, 2022a,b; Rodríguez-González *et al.*, 2022). En contraste, algunos estudios han reportado efectos negativos a corto y largo plazo, en ellos se señala al desempeño reproductivo como una de las áreas más afectadas. En este sentido, se ha encontrado que el uso a largo plazo de oxitocina exógena reduce la eyección espontánea de leche en cuanto se deja de administrar (Faraz *et al.*, 2020).

Faraz *et al.* (2021) compararon la productividad y contenido nutricional de leche de búfalas, con y sin tratamiento de oxitocina intramuscular previo a la ordeña, y encontraron que el grupo con dicha administración presentó tasas de producción de leche significativamente más altas ($P < 0.05$), demostrando que la oxitocina exógena impulsa la bajada de leche residual y contribuye a prevenir enfermedades en glándula mamaria. Del mismo modo, Lollivier *et al.* (2002) detectaron una asociación positiva, con un aumento de 8% de producción láctea. Aun con estos resultados, se han registrado conse-

cuencias negativas respecto a esta aplicación frecuente a largo plazo, como la reducción de la secreción de oxitocina endógena y su respuesta en glándula mamaria, con lo que se disminuye la eyección láctea cuando ésta es retirada, debido a la pérdida de sensibilidad de la glándula mamaria ante la unión de receptores, además de una reducción en la contractibilidad de las células mioepiteliales bajo niveles normales de oxitocina. Por ello, diversos autores la catalogan como una práctica perjudicial en el largo plazo (Lollivier *et al.*, 2002; Bertoni *et al.*, 2020a; Faraz *et al.*, 2020, 2021; Napolitano *et al.*, 2020b; Ozenc *et al.*, 2020; Ahmad, 2021; Murtaza *et al.*, 2021).

Anatomía y fisiología de la glándula mamaria

Es imperante el conocimiento de la anatomía y fisiología de la GM para implementar prácticas que aseguren el bienestar durante el ordeño de la búfala. En este sentido, la GM es descrita de acuerdo a la especie animal con base en criterios como tamaño, forma y localización, reconociendo que se trata de una estructura anatómica especializada responsable de sintetizar y secretar leche (Jena *et al.*, 2015), además de que atraviesa por diversos cambios durante la vida de la hembra, desde su nacimiento, como una estructura ductal rudimentaria, hasta su desarrollo posterior durante la gestación, lactancia e involución (Borghese *et al.*, 2007).

La ubre de la búfala de agua se encuentra topográficamente en la zona inguinal y presenta dos surcos (*Sulcus intermammarius*), uno longitudinal y otro transversal, adherida al abdomen y sostenida por un ligamento suspensorio (*Ligamentum suspensorium uberis*) en su posición fisiológica (Tătaru *et al.*, 2022). Este órgano se encuentra constituido por cuatro complejos mamarios comúnmente llamados cuartos, formado cada uno por un cuerpo glandular y un pezón, dos craneales y dos caudales, estos últimos los más desarrollados, responsables de producir más de 50% de la leche secretada (Olmos-Hernández *et al.*, 2020), además de ser 1.5 cm más grandes que los craneales; la GM tiene una apariencia cónica que finaliza ventralmente con una tetilla (Tătaru *et al.*, 2022).

Las estructuras previamente descritas responden a estímulos físicos y hormonales para su correcta funcionalidad y productividad durante el ordeño (Borghese *et al.*, 2007). Se compone de diversas células epiteliales, adipocitos, fibroblastos y células inmunitarias para la producción láctea (Macias y Hinck, 2012), además de vasos sanguíneos, linfáticos y plexos nerviosos (Tătaru *et al.*, 2022), mismos que pueden experimentar cambios conforme a la edad de la hembra, el número de lactancias y factores genéticos (Rodríguez-González *et al.*, 2022). Desde esta perspectiva, Tătaru *et al.* (2022) realizaron

cortes histológicos que develaron la presencia de tejido conectivo interalveolar más denso y rico en fibras de colágeno y capilares sanguíneos en la estructura del parénquima mamario durante la lactancia, debido a la mayor necesidad de suministro sanguíneo durante la síntesis láctea.

La formación de leche, conocido como lactogénesis, es un proceso realizado en GM, es así como se considera una glándula exocrina y sebácea que sintetiza, almacena y secreta leche en los alvéolos durante la lactancia. Ante estímulos hormonales o físicos, como el amamantamiento de la cría o por el ordeño a través del pezón que presenta pliegues longitudinales que forman la roseta de Fürstenberg, la leche es movilizada al sistema ductal para su eyección (Weaver y Hernandez, 2016; Cardiff *et al.*, 2018).

De la proporción láctea encontrada en las diferentes estructuras de la GM, 5% se almacena en la porción cisternal de la ubre, mientras que 95% restante se anida en el compartimiento alveolar (Thomas *et al.*, 2004; Borghese *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2011; Mora-Medina *et al.*, 2018; Olmos-Hernández *et al.*, 2020; Tătaru *et al.*, 2022). Por tanto, es necesaria la eyección activa para extraer la leche presente en la fracción alveolar y, así, evitar pérdidas por una inadecuada rutina de ordeño y una mayor susceptibilidad a infecciones en GM (Olmos-Hernández *et al.*, 2020).

Se ha mostrado, además, que las búfalas cuentan con pezones de mayor longitud que las vacas lecheras, con un esfínter más estrecho, una capa muscular más gruesa, mayor relación de vasos sanguíneos y fibras nerviosas que brindan una mayor protección ante la entrada de microorganismos infecciosos, a lo que se suma la oclusión presente en el pezón, generada por un mayor nivel de queratina, aspecto que minimiza las incidencias de enfermedades de importancia económica (Bertoni *et al.*, 2020c sólo hay a y b) que pudieran dar paso a la mastitis en esta especie (Borghese *et al.*, 2007, 2013).

La GM responde a cambios hormonales asociados a la luteinización y ovulación con el aumento de la actividad mitótica y con la intervención de hormonas en la regulación de mamogénesis, lactogénesis y galactopoyesis (Cardiff *et al.*, 2018). Sobresale la hormona del crecimiento secretada por la glándula pituitaria, que es un regulador clave en el desarrollo de la GM. Por otra parte, los estrógenos, reguladores críticos de la mama puberal durante la morfogénesis ductal, contribuyen a la liberación de prolactina, siendo esta última la hormona luteotrópica sintetizada y liberada en adenohipófisis, la cual promueve la diferenciación de estructuras especializadas como los alveolos que sintetizan y secretan leche durante la lactancia. A su vez, la progesterona se asocia al desarrollo de la ramificación lateral y alveologénesis, procesos requeridos para la formación de una GM funcional durante la lactancia (Macias y Hinck, 2012; Weaver y Hernandez, 2016; Cardiff *et al.*, 2018).

El tejido alveolar alberga a los lactocitos y es el encargado de secretar la leche. Estas estructuras están encapsuladas por tejido conectivo que forma los lobulillos mamarios (*Lobuli glandulae mammariae*), que a su vez conforman a los lóbulos mamarios (*Lobi glandular mammariae*) (Macias y Hinck, 2012), a través de los cuales se vierte la leche por ductos intralobulillares o galactóforos hacia conductos lactíferos para ser eyectada al exterior mediante diversos estímulos (Espinosa *et al.*, 2011). Esta configuración está rodeada de células mioepiteliales y un sistema capilar (Mota-Rojas *et al.*, 2021b) que desemboca en una red profunda alrededor de los ácinos y los conductos excretores que convergen en la base de la ubre (Tătaru *et al.*, 2022).

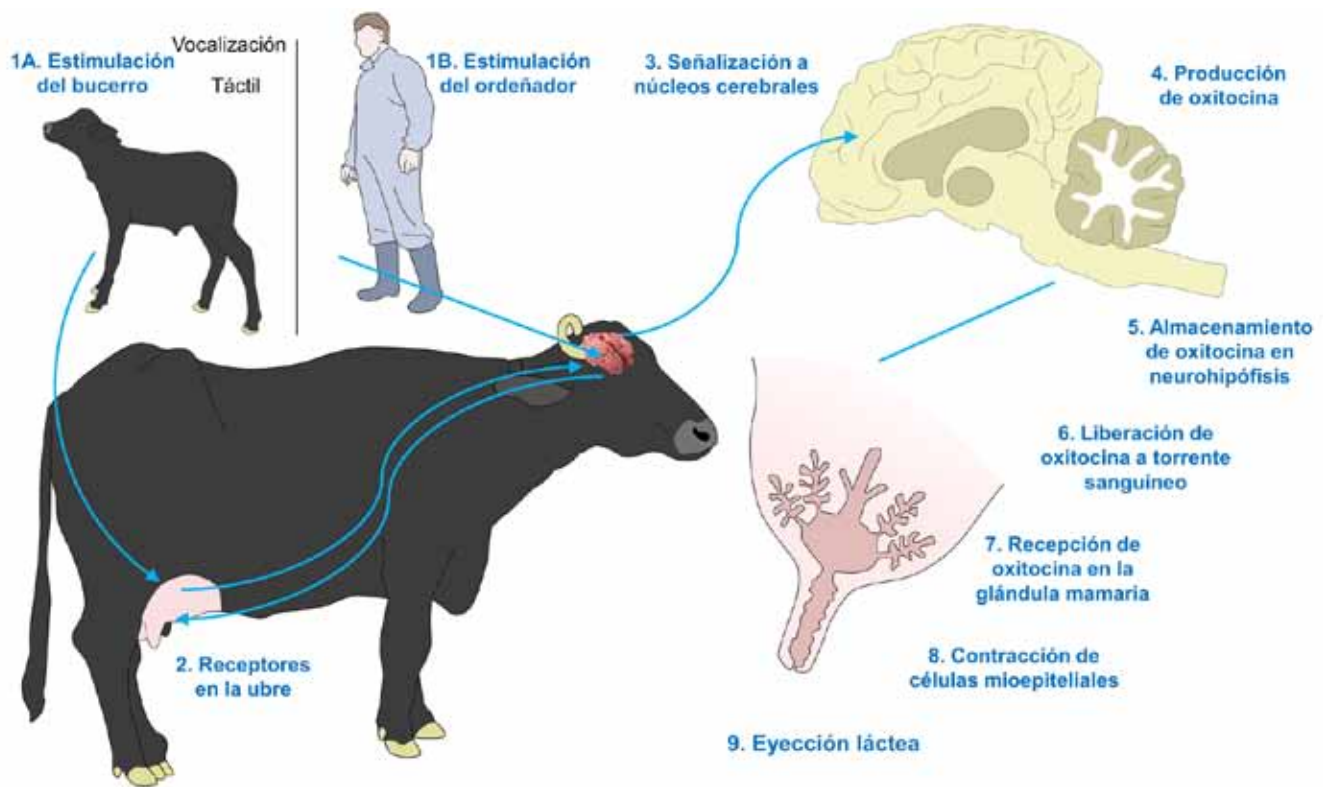
La eyección de la leche es producida por la acción del neuropéptido oxitocina ante estímulos táctiles del ordeñador, la máquina de ordeño y la presencia y acción del bucerro, reflejo con el cual se libera oxitocina, que precede a la expulsión de leche (Olmos-Hernández *et al.*, 2020). Este importante neuropéptido es el responsable de desencadenar la contracción de las células mioepiteliales para la expulsión de la leche alveolar hacia el área cisternal. Por tanto, es necesaria la liberación de oxitocina durante el proceso de ordeño para la correcta y completa eliminación de leche (Espinosa *et al.*, 2011; Napolitano *et al.*, 2020a; Olmos-Hernández *et al.*, 2020), requisito previo para el mantenimiento de un alto nivel de síntesis de leche y secreción durante la lactancia. Además, es relevante para que la leche no permanezca en la ubre, ya que eleva el riesgo de generar una infección mamaria al retener leche residual como sustrato para el crecimiento de microorganismos en la glándula. Por lo mismo, es necesario propiciar la eyección mediante un reflejo neuroendocrino facilitado por estímulos en fibras nerviosas aferentes a las raíces dorsales de la médula espinal, lo que inicia las respuestas hormonales con la participación activa de cortisol y prolactina (Bruckmaier y Wellnitz, 2008).

Esta hormona neurohipofisaria nonapeptídica es sintetizada en las células neurosecretoras magnocelulares de las regiones supraópticas y núcleos hipotalámicos paraventriculares para ser almacenada en el lóbulo pituitario posterior hasta su liberación al torrente sanguíneo como resultado de un reflejo neuroendocrino (Cosenza *et al.*, 2007). En vacas lecheras se ha reportado que el estímulo de colocar las pezoneras para el ordeño origina el aumento de las concentraciones plasmáticas de oxitocina, llegando a su máximo en los siguientes dos minutos, para disminuir lentamente hasta su nivel basal, generalmente 15 minutos después (Lollivier *et al.*, 2002).

Al ser liberada la oxitocina al torrente sanguíneo, llega a los receptores de membrana específicos en las células mioepiteliales en glándula mamaria, mismas que se encuentran rodeando alvéolos y los conductos presentes en ellos, generando la contracción de

estas células y minimizando la luz alveolar. Así se induce la expulsión de la leche a los conductos galactóforos hacia el área cisternal y los conductos presentes en el pezón para su posterior eyección por el canal excretor (Figura 6) (Bruckmaier y Wellnitz, 2008).

Figura 6. Neurofisiología de la eyección láctea



Cuando la leche es eyectada del área alveolar se genera mayor presión en la cisterna de la ubre, aun con ello, y por las características de la búfala, no toda la leche alveolar puede ser desalojada si no es extraída simultáneamente de la glándula mamaria. Por ello, debe ser considerada la capacidad de ordeño y las diversas estrategias como el brindar un entorno confortable, una correcta estimulación y favorecer una conducta positiva en la búfala durante el ordeño para así aumentar la secreción de oxitocina endógena (Faraz *et al.*, 2021) y, con ello, el máximo vaciamiento posible de la cisterna a fin de inhibir la posible incidencia de patologías como la mastitis.

Prevalencia y factores de riesgo de mastitis

La mastitis es una patología común en unidades lecheras de rumiantes y se asocia a las prácticas de ordeño detalladas con anterioridad (De Rosa *et al.*, 2009). Se trata de un proceso inflamatorio de la GM, resultado de la colonización de microorganismos de origen bacteriano (Oviedo-Boyso *et al.*, 2007). En las búfalas, los patógenos contagiosos que más se han reportado en las mastitis son *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus agalactiae* (El-Khodery y Osman, 2008), responsables de la mastitis aguda y autolimitante que provoca alteraciones en el tejido mamario y en las características organolépticas de la leche (Burvenich *et al.*, 2003). En el caso de mastitis ambientales, microorganismos como *S. uberi* y *Escherichia coli* son los más comunes (El-Khodery y Osman, 2008). Otros patógenos se asocian con coliformes (*Klebsiella pneumoniae*), enterobacterias, *Arcanobacter piogenes* (Fagiolo y Lai, 2007), hongos y levaduras (Petzl *et al.*, 2008).

Existen dos presentaciones de la mastitis: clínica y subclínica (Burvenich *et al.*, 2003). La primera se diagnostica mediante cambios visibles en la leche o la ubre (Sharma y Sindhu, 2007), por ejemplo, coágulos en la leche o inflamación de la GM (Seegers *et al.*, 2003). La subclínica no denota signos clínicos aparentes y en las búfalas es tres veces más común diagnosticarla, con una prevalencia de hasta 81.6% en países líderes en el ganado bufalino, como Bangladesh (Sharun *et al.*, 2021).

La importancia de evaluar esta patología inflamatoria en las búfalas radica en que genera alteraciones en la leche (Rainard y Riollot, 2006; De Boyer des Roches *et al.*, 2017; Bertoni *et al.*, 2019; Mota-Rojas *et al.*, 2019), afectando la cantidad, calidad y sanidad de la misma (Singha *et al.*, 2021). Al respecto, Catozzi *et al.* (2017) encontraron que de 83 muestras de leche de hembras con mastitis subclínica, dos de los géneros bacterianos presentes en todas fueron *Acinetobacter* y *Pseudomonas*, con una abundancia relativa de 4.47% y 15.09%, de forma respectiva.

La mastitis también afecta la salud y bienestar de las mismas hembras (Bradley, 2002; De Boyer des Roches *et al.*, 2017), que conlleva pérdidas económicas. Leslie y Petersson-Wolfe (2012) calcularon dichas pérdidas en 400 millones de dólares en Estados Unidos, incluyendo los gastos que implican los antibióticos para su tratamiento (Mota-Rojas *et al.*, 2019) y las repercusiones que el mal uso de éstos puede inducir, como el desarrollo de bacterias resistentes *S. aureus*, aisladas de leche de bovinos y búfalos de agua (Wang *et al.*, 2008; De Medeiros *et al.*, 2011).

Por las características y diferencias morfológicas de los búfalos del agua, en comparación con los bovinos convencionales (*B. taurus* e *indicus*), existe menos predisposición a contraer mastitis (Guccione, 2017). Esto es gracias a que la glándula mamaria

de las búfalas es pendulante, con pezones más largos y, por ende, un canal del pezón largo y estrecho que obstaculiza la colonización bacteriana (Fagiolo y Lai, 2007). En otros estudios se ha considerado que la frecuencia de presentación es similar en ambas especies (Guccione *et al.*, 2014), y se requiere diagnosticar para evitar las consecuencias derivadas del proceso, como el dolor (Leslie y Petersson-Wolfe, 2012).

Entre los factores que predisponen para esta patología, se identifica el mal manejo durante la ordeña, ya sea por un vaciamiento incompleto de la ubre (Cavallina *et al.*, 2008; De Rosa *et al.*, 2009) o por la falta de salubridad al momento de la ordeña, propiciando la contaminación con bacterias gram positivas (Burvenich *et al.*, 2003). Hussain *et al.* (2013) reportaron entre los factores de riesgo para mastitis subclínica en búfalas de Pakistán, el peso del animal, número de parto, amamantamiento, ubre pendulante, la cantidad de trabajadores en la granja y mala higiene de miembros pelvianos. Asimismo, la contaminación por otros animales en casos subclínicos es otro riesgo para la salud del resto de hato (Şahin y Yıldırım, 2014). Además de las repercusiones económicas, organolépticas y de salud, el proceso inflamatorio local genera dolor, que es uno de los signos que alteran el estado físico y mental de las búfalas y, una vez presente, requiere tratamiento farmacológico para mitigarlo.

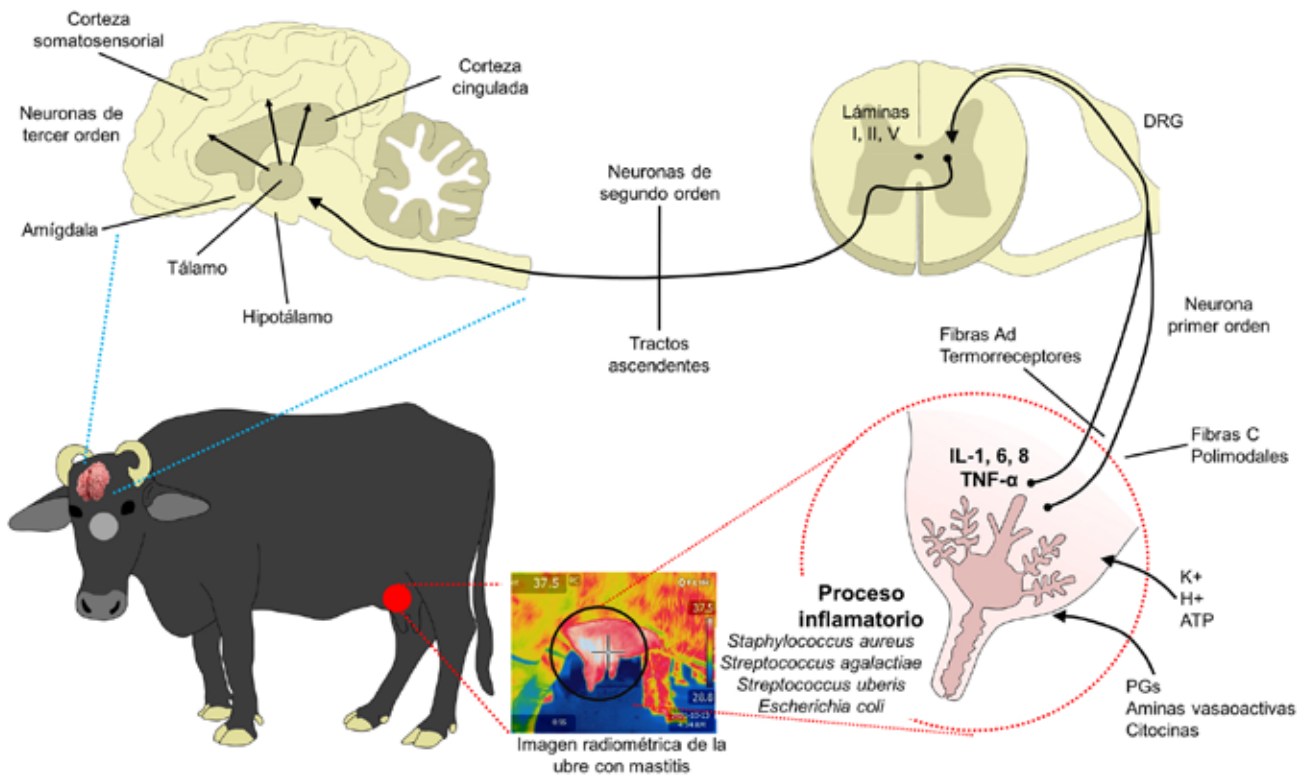
Mastitis: reconocimiento del dolor y sus consecuencias

El dolor, definido como una experiencia sensorial desagradable asociada, o similar a la asociada, con un daño real o potencial en tejidos (Raja *et al.*, 2020), es uno de los signos típicos de la mastitis. Esta patología evoluciona a cuadros de dolor severo que no siempre son perceptibles en los búfalos o bovinos en general, ya que se consideran especies estoicas en quienes estas expresiones son sutiles para no exponerse a depredadores (Fitzpatrick *et al.*, 1998; Petersson-Wolfe *et al.*, 2018).

Durante la colonización del epitelio mamario por los microorganismos previamente señalados, la respuesta local y el inicio del dolor comienza en el tejido del pezón y la ubre. La inflamación regional conlleva el reclutamiento de neutrófilos al sitio de infección, los cuales son activados por las toxinas o metabolitos bacterianos (Shaheen *et al.*, 2020). La presencia de dichas células inmunes produce la secreción de mediadores inflamatorios con el fin de combatir al microorganismo (Burvenich *et al.*, 2003). Entre estos mediadores se encuentran las prostaglandinas y aminas vasoactivas (Mohammad y Abdel-Rahman, 2013). Las citocinas como las interleucinas (IL) 1, 6, 8, y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) tienen un rol esencial durante este proceso, ya que se

han encontrado en vacas lecheras con mastitis subclínica, en las cuales se observa un incremento significativo en IL-1, IL-2, IL-6 y TNF- α ($P < 0.001$) (Shaheen *et al.*, 2020). En búfalas se ha evaluado el nivel de expresión de TNF- α , IL-1 β , IL-8, lactoferrina (LTF), y genes del receptor tipo toll (TLR) en hembras sanas y otras con mastitis. En este estudio se encontró que la expresión de TNF- α , IL-1 β , IL-8 aumentó 7.15, 62.49 y 26.20 veces, respectivamente, durante el proceso inflamatorio, lo cual constituye la respuesta inmune innata del organismo para recobrar la salud de la ubre (Tanamati *et al.*, 2019). La proteína C reactiva y el factor nuclear kappa (NF κ B) son otras sustancias asociadas a la mastitis en rumiantes (Ingman *et al.*, 2014). Aumentos en la concentración de haptoglobina también se han registrado en casos de mastitis moderada en los bovinos convencionales (1.6 g/l) (Fitzpatrick *et al.*, 1998), y en mastitis causadas por *S. aureus* en 12 búfalos (2.68 g/l) (Pisanu *et al.*, 2019). La presencia de dichas sustancias proinflamatorias genera la activación de los receptores periféricos -o nociceptores-, que son los encargados de la transducción y transmisión del estímulo nocivo proveniente de la inflamación del tejido mamario a la médula espinal y centros supraespinales para la percepción consciente del mismo (Hudson *et al.*, 2008). Este proceso se resume en la Figura 7.

Figura 7. Activación del arco nociceptivo en el proceso inflamatorio originado por la mastitis



El proceso inflamatorio iniciado por la colonización de agentes bacterianos genera la secreción y presencia de mediadores inflamatorios como los PGs o las citocinas, las cuales activan y sensibilizan a las neuronas de primer orden (fibras Ad y C). El estímulo captado por estas fibras es transmitido hacia el asta dorsal de la médula espinal, para ser proyectado hacia centros supraespinales como el hipotálamo, amígdala o tálamo a través de las neuronas de segundo orden. Una vez en estructuras cerebrales, la señal eléctrica es llevada a la corteza somatosensorial, donde el estímulo nocivo generado en la ubre y la glándula mamaria se reconoce como dolor. ATP: adenosín trifosfato; DRG: ganglio dorsal; H⁺: ion hidrógeno; IL: interleucina; K⁺: ion potasio; PGs: prostaglandinas; TNF- α : factor de necrosis tumoral alfa.

Normalmente, la activación del arco nociceptivo asiste en la reparación del tejido, en la eliminación del agente que lo ocasionó y en la curación del proceso patológico producido por la presencia de bacterias (Cai *et al.*, 2018). No obstante, como suele suceder en los grandes rumiantes, cuando el proceso se cronifica y los receptores periféricos se encuentran en constante activación y transmisión de impulsos nocivos, se desencadena un proceso de sensibilización periférica y central, en el que los tejidos responden con mayor intensidad a un estímulo que normalmente es doloroso, conocido como hiperalgesia (Rasmussen *et al.*, 2011), o disminuye tanto su umbral de activación, que estímulos que generalmente no son dolorosos, provocan esta respuesta en los animales (Peters *et al.*, 2015). Por ejemplo, en ganado *Bos* se han reportado bajas en los umbrales de activación durante pruebas experimentales de umbral térmico, produciendo el efecto de hiperalgesia en los animales (Peters *et al.*, 2015). Estos factores, aunados a la falta de herramientas para reconocer el dolor durante cuadros subclínicos de mastitis, comprometen significativamente la salud de las búfalas (Leslie y Petersson-Wolfe, 2012) y deterioran el bienestar general de las mismas, desestabilizando su estado mental y sus comportamientos (Mellor *et al.*, 2020).

En la actualidad existen métodos de reconocimiento del dolor originado por la mastitis, a través de la evaluación de: 1) alteraciones en parámetros fisiológicos como taquicardia, taquipnea, fiebre o hipertermia local, catalogados como indicadores de mastitis aguda (Kemp *et al.*, 2008), y 2) cambios en el comportamiento o en el lenguaje corporal, con una menor presentación de comportamientos naturales, como la rumia o el descanso, se asocian a la presencia de dolor (Cyples *et al.*, 2012; Yeiser *et al.*, 2012), así como patear o levantar las extremidades (Siivonen *et al.*, 2011; Medrano-Galarza *et al.*, 2012).

Para facilitar el reconocimiento del dolor en cuadros subclínicos, Giovannini *et al.* (2017) diseñaron un sistema de puntuación para cuantificar el grado de dolor al inducir, de manera experimental, mastitis subclínica mediante la administración de ácido lipoteicoico y lipopolisacáridos de *S. aureus* y *E. coli* en vacas Holstein y Swiss Fleckvieh. Este sistema es similar a las escalas de dolor que se emplean en pequeñas especies como la de la Universidad de Melbourne (Hernandez-Avalos *et al.*, 2019); se basa en seis categorías que incluyen elementos como la postura corporal, expresión facial, interacción, respuesta al alimento y a la palpación. De manera semejante, en el estudio de De Boyer des Roches *et al.* (2017), la evaluación del dolor resulta de la combinación de parámetros fisiológicos, como conteo de células somáticas, concentraciones de haptoglobina, amiloide sérico A, cortisol, con elementos de comportamiento, como la atención a su entorno, la posición de la cola y de las orejas y cambios de postura, los que sirvieron para

cuantificar tres fases de dolor en mastitis inducida por *E. coli*. En esta investigación, la segunda fase, considerada como la de dolor agudo, se acompañó de altas concentraciones de cortisol (31.3 ng/mL) y amiloide sérico A (100.3 µg/mL), crecimiento exponencial de bacterias y cambios en el comportamiento, como baja atención a su ambiente. De igual forma, existen otros etogramas que miden disminuciones en la locomoción, hiporexia, una mala condición del pelo o cambio en la expresión facial (p. ej. orejas caídas), entre otros, para clasificar en tres grados a la mastitis de acuerdo a la manifestación de dichos parámetros conductuales, fisiológicos y cambios observables (Huxley y Hudson, 2007).

Si bien este tipo de herramientas han sido desarrolladas y aplicadas en bovinos convencionales, debido a que son de fácil empleo y permiten el reconocimiento del dolor de manera temprana (Kemp *et al.*, 2008), su uso podría ser transferido a los búfalos, recordando que para un adecuado manejo del dolor se necesita identificarlo primero para prevenir las consecuencias de salud y establecer protocolos analgésicos pertinentes. En las búfalas, tratamientos antibióticos, en conjunto con antiinflamatorios no esteroideos como ketoprofeno o meloxicam (Sharma y Sindhu, 2007), constituye uno de los protocolos predominantes para atender las mastitis. De igual manera, tratamientos a base de citrato trisódico (Dhillon y Singh, 2013), medicina complementaria como la homeopatía (Parmar *et al.*, 2015), o estudios de composición láctea, pueden auxiliar en la identificación de la mastitis antes de que aparezcan los signos clínicos y, con ello, las consecuencias del dolor y su afectación en el bienestar de las búfalas (Petersson-Wolfe *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

El parto, la lactancia, y el periodo de ordeña son fases íntimamente vinculadas y que resultan clave en la competitividad de las unidades de producción lechera de búfalos del agua. Su relevancia implica que los médicos veterinarios, ganaderos y personal responsable garanticen el desarrollo y un correcto manejo de las hembras y las crías, con el fin de evitar complicaciones sanitarias y productivas. Por una parte, el parto y sus diferentes fases, que se pueden analizar y evaluar mediante los cambios fisiológicos y de comportamiento, implican un riesgo para la madre y el neonato cuando se diagnostica un parto distócico. En búfalas, las principales causas de distocias se atribuyen a efectos maternos, como alteraciones anatómicas del útero, cérvix, vagina o vulva, o al efecto de inercia miometrial, mientras que entre las causas fetales se encuentran: desproporciones fetopélvicas, malformaciones e inadecuado posicionamiento del feto. Estas manifestaciones

pueden culminar con la sensibilización nociceptiva de la madre, o con muerte fetal como consecuencia de anoxia, acidosis o baja vitalidad al nacimiento.

Debido a que las unidades de producción lechera en búfalos presentan alta dependencia de los nacimientos, ya que las crías facilitan la eyección de la leche, monitorear que los partos sean eutócicos fomenta la productividad de estas dos categorías de animales. Durante el ordeño y toda su duración, seguir protocolos de inocuidad y buenas prácticas pecuarias también coadyuva a la prevención de patologías como la mastitis. Este proceso inflamatorio de la glándula mamaria deriva de la colonización de bacterias que pueden ser adquiridas por una higiene insuficiente o una mala técnica de ordeño. Por ello, al asegurar que las búfalas reciban un manejo adecuado desde el inicio de la gestación hasta el parto, y durante el periodo de ordeña, se contribuye a la salud de las búfalas y a elevar su productividad, favorecer el bienestar de la madre y la cría y, en última instancia, a mantener el valor económico de los semovientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, F. *et al.* (2014). Surgical management of a second degree perineal laceration in a buffalo sequel to dystocia. *International Journal of Livestock Research*, 4(1): 146.
- Ahmad, M. (2021). Oxytocin: Effects on milk production. *Pure and Applied Biology*, 10(1).
- Ahuja, A. K. *et al.* (2017). A case of dystocia due to fetal ascites in murrh buffalo. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2(4): 1767-1769.
- Attupuram, N. M. *et al.* (2016). Cellular and molecular mechanisms involved in placental separation in the bovine: A review. *Molecular Reproduction and Development*, 83(4): 287-297.
- Autumn y Stabenfeldt, G. (2020). "Gestación y parto". En: Klein, B. G. (comp.). *Cunningham fisiología veterinaria*. 6.ª ed. España: Elsevier.
- Barrier, A. C. *et al.* (2012). Effect of a difficult calving on the vigour of the calf, the onset of maternal behaviour, and some behavioural indicators of pain in the dam. *Preventive Veterinary Medicine*, 103(4): 248-256.
- Barrier, A. C. *et al.* (2013). Stillbirth in dairy calves is influenced independently by dystocia and body shape. *The Veterinary Journal*, 197(2): 220-223.
- Benedictus, L. *et al.* (2015). The role of placental MHC class I expression in immune-assisted separation of the fetal membranes in cattle. *Journal of Reproductive Immunology*, 112: 11-19.

- Bertoni, A. *et al.* (2019). Productive performance of buffaloes and their development options in tropical regions. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 19: 59-80.
- Bertoni, A. *et al.* (2020a). "Productividad de los búfalos de agua y sus expectativas de desarrollo en zonas tropicales". En: Napolitano, F. *et al.* (comp.). *El búfalo de agua en Latinoamérica*. 3.ª ed. México: BM Editores: 167-207.
- Bertoni, A. *et al.* (2020b). "Ventajas y desventajas de los sistemas de ordeño manual y mecánico: productividad, bienestar animal y rentabilidad". En: Napolitano, F. *et al.* (comp.). *El búfalo de agua en Latinoamérica*. 3.ª ed. México: BM Editores: 772-807.
- Bertoni A, *et al.* (2020c) "Similarities and differences between river buffaloes and cattle: Health, physiological, behavioral and productivity aspects" en *Journal of Buffalo Science*, 9:92–109. <https://doi.org/10.6000/1927-520x.2019.08.03.12>
- Bertoni, A. *et al.* (2021). Dual-purpose water buffalo production systems in tropical Latin America: Bases for a sustainable model. *Animals*, 11(10): 2910.
- Bertoni, A. *et al.* (2022a). Description of four dual-purpose river Buffalo (*Bubalis bubalis*) production systems in tropical wetlands of Mexico. Part 1: Social aspects, herd distribution, feeding, reproductive, and genetic management. *Journal of Buffalo Science*, 11: 8-18.
- Bertoni, A. *et al.* (2022b). Description of four dual-purpose river Buffalo (*Bubalis bubalis*) production systems in tropical wetlands of Mexico. Part 2: Sanitary management, milking, zootechnical and economic indicator. *Journal of Buffalo Science*, 11: 8-18.
- Bidarimath, M., Aggarwal, A. (2007). Studies on cisternal and alveolar fractions & its composition and mammary health of Murrah buffaloes administered oxytocin. *Tropical Animal Health and Production*, 39(6): 433-438.
- Borghese, A. *et al.* (2013). Lactation curve and milk flow. *Buffalo Bulletin*, 32(1): 334-350.
- Borghese, A. *et al.* (2007). Milking management of dairy buffalo. *Italian Journal of Animal Science*, 6(2): 39-50.
- Boselli, C. *et al.* (2016). Study of milkability in Mediterranean Italian Buffalo cow raised in central Italy. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 11(3):155.
- Boselli, C. *et al.* (2020). Study of milkability and its relation with milk yield and somatic cell in Mediterranean Italian water buffalo. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(432): 1-7.
- De Boyer des Roches, A. *et al.* (2017). Behavioral and patho-physiological response as possible signs of pain in dairy cows during *Escherichia coli* mastitis: A pilot study. *Journal of Dairy Science*, 100(10): 8385-8397.
- Bradley, A.J. (2002). Bovine mastitis: An evolving disease. *The Veterinary Journal*, 164(2): 116-128.

- Bruckmaier, R. M., Wellnitz, O. (2008). Induction of milk ejection and milk removal in different production systems. *Journal of Animal Science*, 86(13): 15-20.
- Burvenich, C. *et al.* (2003). Severity of *E. coli* mastitis is mainly determined by cow factors. *Veterinary Research*, 34(5): 521-564.
- Cai, Z. *et al.* (2018). Prioritizing candidate genes post-GWAS using multiple sources of data for mastitis resistance in dairy cattle. *BMC Genomics*, 19(1): 656.
- Cardiff, R. D. *et al.* (2018). "Mammary Gland". En: Treuting, P., Dintzis, S.M. (comp.). *Comparative Anatomy and Histology*. España: Elsevier.
- Catozzi, C. *et al.* (2017). The microbiota of water buffalo milk during mastitis. *PloS One*. 12(9): e0184710.
- Cavallina, R. *et al.* (2008). Buffalo behavioural response to machine milking in early lactation. *Italian Journal of Animal Science*, 7(3): 287-295.
- Chouksey, S. *et al.* (2022). Incomplete dilation of cervix in large animals: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 11(2): 573-578.
- Cosenza, G. *et al.* (2007). Mediterranean river buffalooxytocin-neurophysin I (OXT) gene: structure, promoter analysis and allele detection. *Italian Journal of Animal Science*, 6(2): 303-306.
- Crociati, M. *et al.* (2022). How to predict parturition in cattle? a literature review of automatic devices and technologies for remote monitoring and calving prediction. *Animals*, 12(3): 405.
- Cyplcs, J. A. *et al.* (2012). Short communication: The effects of experimentally induced *Escherichia coli* clinical mastitis on lying behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(5): 2571-2575.
- Das, G. *et al.* (2013). "Parturition and puerperium in the buffalo". En: Purohit, G. (comp.). *Bubaline Theriogenology*. International Veterinary Information Service, Ithaca.
- Deka, R. *et al.* (2021). Parturition behavior of Swamp buffalo cows (*Bubalus bubalis*) under organized system of rearing. *Biological Rhythm Research*, 52(3): 444-453.
- Dematawewa, C. B., Berger, J. (1998). Genetic and Phenotypic parameters for 305-Day yield, fertility, and survival in holsteins. *Journal of Dairy Science*, 81(10): 2700-2709.
- Derar, D. I., Abdel Rahman, M.A. (2012). A comparative study on behavioral, physiological and adrenal changes in blood cortisol of buffalo during actual labour. *Buffalo Bulletin*, 31: 129-135.
- Dhami, A. J. *et al.* (2012). Post-abortion and post-partum serum progesterone profile and breeding efficiency in buffaloes retaining fetal membranes. *Buffalo Bulletin*, 31(4): 189-192.

- Dhillon, K. S., Singh, J. (2013). A new horizon in the pathobiology, aetiology and novel treatment of mastitis in buffalo. *Buffalo Bulletin*, 32(1): 26-34.
- Dodamani, M. S. *et al.* (2010). Study on calving pattern in buffaloes. *Veterinary World*, 3(4): 188-190.
- El-Khodery, S. A., Osman, S.A. (2008). Cryptosporidiosis in buffalo calves (*Bubalus bubalis*): Prevalence and potential risk factors. *Tropical Animal Health and Production*, 40(6): 419-426.
- Ellingsen, K. *et al.* (2014). Using qualitative behaviour assessment to explore the link between stockperson behaviour and dairy calf behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 153: 10-17.
- Eppe, J. *et al.* (2021). Treatment protocols and management of retained fetal membranes in cattle by rural practitioners in Belgium. *Preventive Veterinary Medicine*, 188: 105267.
- Espinosa, Y. *et al.* (2011). Efecto de la estimulación con bucerro, oxitocina y manual sobre los indicadores de ordeño en búfalas. *Revista de Salud Animal*, 33(2): 90-96.
- Fagiolo, A., Lai, O. (2007). Mastitis in buffalo. *Italian Journal of Animal Science*, 6(2): 200-206.
- Faraz, A. *et al.* (2020). Impact of oxytocin administration on milk quality, reproductive performance and residual effects in dairy animals – A Review. *Punjab University Journal of Zoology*, 35(1): 61-67.
- Faraz, A. *et al.* (2021). Effect of Exogenous oxytocin administration on the performance of lactating Nili Ravi Buffalo. *Irian Journal of Applied Animal Science*, 11(3): 517-525.
- Fitzpatrick, J. L. *et al.* (1998). Recognising and controlling pain and inflammation in mastitis. *Proc of the British mastitis conference*. (Consultado: 15/01/2022).
- Flower, F. C. *et al.* (2006). Effects of milking on dairy cow gait. *Journal of Dairy Science*, 89(6): 2084-2089.
- Fourichon, C. *et al.* (2000). Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology*, 53(9): 1729-1759.
- Fraga, L. M. *et al.* (2004). Influencia de algunos factores en el peso al nacer de bucerros de la raza Bufalipso. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 38(4): 2002-2005.
- Gabr, A. E. *et al.* (2017). Upgrading mil productivity of primiparous buffaloes using glycolytic precursors; implications on milk production and blood biochemical parameters. *Zagazig Veterinary Journal*, 45(2): 92-103.
- Giovannini, A. J. *et al.* (2017). Experimentally induced subclinical mastitis: are lipopolysaccharide and lipoteichoic acid eliciting similar pain responses? *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(1): 40.
- Gohar, M. A. *et al.* (2018). Effect of oxytetracycline treatment on postpartum reproductive performance in dairy buffalo-cows with retained placenta in Egypt. *Journal of Veterinary Healthcare*, 1(3): 45-53.

- González, Lozano, M. *et al.* (2020). Review: Behavioral, physiological, and reproductive performance of buffalo cows during eutocic and dystocic parturitions. *Applied Animal Science*, 36(3): 407-422.
- Guccione, J. *et al.* (2014). Clinical outcomes and molecular genotyping of *Staphylococcus aureus* isolated from milk samples of dairy primiparous Mediterranean buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Journal of Dairy Science*, 97(12): 7606-7613.
- Guccione, J. (2017). Mastitis in mediterranean buffaloes. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, 2(5).
- Hansen, M. *et al.* (2004). Gestation length in Danish Holsteins has weak genetic associations with stillbirth, calving difficulty, and calf size. *Livestock Production Science*, 91(1-2): 23-33.
- Hernandez-Avalos, I. *et al.* (2019). Review of different methods used for clinical recognition and assessment of pain in dogs and cats. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 7(1): 43-54.
- Holland, M. D. *et al.* (1993). Factors contributing to dystocia due to fetal malpresentation in beef cattle. *Theriogenology*, 39(4): 899-908.
- Hudson, G. M. *et al.* (2008). Effects of Caffeine and Aspirin on Light Resistance Training Performance, Perceived Exertion, and Pain Perception. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6): 1950-1957.
- Hussain, R. *et al.* (2013). Risks factors associated with subclinical mastitis in water buffaloes in Pakistan. *Tropical Animal Health and Production*, 45(8): 1723-1729.
- Huxley, J. N., Hudson, C. D. (2007). Should we control the pain of mastitis? *International Dairy Topics*, 6(5): 17-18.
- Huzzey, J. M. *et al.* (2005). Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 88(7): 2454-2461.
- Indurkar, S. *et al.* (2019). Biochemical and hormonal profiles in buffaloes with retained fetal membranes. *Buffalo Bulletin*, 38(1): 35-39.
- Ingman, W. V. *et al.* (2014). Inflammatory mediators in mastitis and lactation insufficiency. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(2): 161-167.
- Jainudeen, M., Hafez, E. (2000). "Cattle and buffalo" (pp. 159-171). En: Hafez, E., Hafez, B. (comp.). *Reproduction in farm animals*. 7.ª ed. USA: Blackwell Publishing.
- Janjanam, J. *et al.* (2014). Comparative 2D-DIGE Proteomic Analysis of Bovine Mammary Epithelial Cells during Lactation Reveals Protein Signatures for Lactation Persistence and Milk Yield. *PloS One*, 9(8): e102515.
- Jeengar, K. *et al.* (2015). A retrospective study on incidence of dystocia in cattle and buffaloes at referral center. *Theriogenology Insight - An International Journal of Reproduction in all Animals*, 5(1): 41.

- Jena, M. K. *et al.* (2015). DIGE based proteome analysis of mammary gland tissue in water buffalo (*Bubalus bubalis*): Lactating vis-a-vis heifer. *Journal of Proteomics*, 119: 100-111.
- Kalasariya, R. M. *et al.* (2017). Effect of peripartum nutritional management on plasma profile of steroid hormones, metabolites, and postpartum fertility in buffaloes. *Veterinary World*, 10(3): 302-310.
- Kamemori, Y. *et al.* (2011). Expressions of apoptosis-regulating factors in bovine retained placenta. *Placenta*, 32(1): 20-26.
- Kemp, M. H. *et al.* (2008). Animal-based measurements of the severity of mastitis in dairy cows. *Veterinary Record*, 163(6): 175-179.
- Khan, H. M. *et al.* (2009). Peripartum reproductive disorders in buffaloes - An overview. *Vet Scan*, 4(2): 4: 1-10.
- Kumar, N., Singh, B. (1984). Some neoplasms involving female genitalia of buffaloes. *Indian Veterinary Journal*, 61: 185-187.
- Lanzoni, L. *et al.* (2021). Maternal and neonatal behaviour in Italian Mediterranean Buffaloes. *Animals*, 11(6): 1584.
- Leslie, K. E., Petersson-Wolfe, C.S. (2012). Assessment and management of pain in dairy cows with clinical mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 28(2): 289-305.
- Lollivier, V. *et al.* (2002). Oxytocin and milk removal: two important sources of variation in milk production and milk quality during and between milkings. *Reproduction Nutrition Development*, 42(2): 173-186.
- Lombard, J. E. *et al.* (2007). Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 90(4): 1751-1760.
- Macias, H., Hinck, L. (2012). Mammary gland development. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology*, 1(4): 533-557.
- Mainau, E., Manteca, X. (2011). Pain and discomfort caused by parturition in cows and sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 135(3): 241-251.
- Martínez, Burnes, J. *et al.* (2020). "Mortinatos en la búfala de agua: factores de riesgo fetal y materno" (pp. 564-581). En: Napolitano, F. *et al.* (comp.). *El búfalo de Agua en Latinoamérica, Hallazgos Recientes*. 3 ed. Mexico: BM Editores.
- Martínez, Burnes, J. *et al.* (2021). Parturition in mammals: animal models, pain and distress. *Animals*, 11(10): 2960.
- De Medeiros, E. S. *et al.* (2011). Antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp. isolates from cases of mastitis in buffalo in Brazil. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 23(4): 793-796.

- Medrano, Galarza, C. *et al.* (2012). Behavioral changes in dairy cows with mastitis. *Journal of Dairy Science*, 95(12): 6994-7002.
- Mee, J. (2013). Why do so many calves die on modern dairy farms and what can we do about calf welfare in the future? *Animals*, 3(4): 1036-1057.
- Melin, M. *et al.* (2006). Cow traffic in relation to social rank and motivation of cows in an automatic milking system with control gates and an open waiting area. *Applied Animal Behaviour Science*, 96(3-4): 201-214.
- Mellor, D. J. *et al.* (2020). The 2020 five domains model: including human-animal interactions in assessments of animal welfare. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 10(10): 1-24.
- Mohammad, D. I., Abdel-Rahman, M. M. (2013). A comparative study on behavioral, physiological, and adrenal changes in buffaloes during the first stage of labor with normal and difficult parturition. *Journal of Veterinary Behavior*, 8(1): 46-50.
- Mora, Medina. P. *et al.* (2018). Behaviour and welfare of dairy buffaloes: pasture or confinement? *Journal of Buffalo Science*, 7(3): 43-48.
- Morini, A. C. *et al.* (2008). Caracterização das membranas fetais em búfalas no terço inicial da gestação. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 28(9): 437-445.
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2019). Dairy buffalo behaviour and welfare from calving to milking. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 14(035):1-9.
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2020a). "Comportamiento y bienestar de la búfala lechera". En: Napolitano, F. *et al.* (comp.). *El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes*. 3.ª ed. México: BM Editores.
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2020b). "El parto y ordeño de la búfala: respuestas fisiológicas y conductuales". En: Napolitano, F. *et al.* (comp.). *El búfalo de agua en las Américas, hallazgos recientes*. 3a ed. México: BM Editores.
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2020c). Dystocia: factors affecting parturition in domestic animals. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 15(013).
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2020d). Effects of human-animal relationship on animal productivity and welfare. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 8(3): 196-205.
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2021a). The use of draught animals in rural labour. *Animals*, 11(9): 2683.
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2021b). Clinical applications and factors involved in validating thermal windows in large ruminants to assess health and productivity. *Animals*, 11(8): 2247.

- Mota, Rojas, D. *et al.* (2021c). Pathophysiology of perinatal asphyxia in humans and animal models. *Biomedicines*, 10(2): 347.
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2021d). Allonursing in wild and farm animals: biological and physiological foundations and explanatory hypotheses. *Animals*, 11(11): 3092.
- Mota, Rojas, D. *et al.* (2022). Neonatal infrared thermography images in the hypothermic ruminant model: Anatomical- morphological- physiological aspects and mechanisms for thermoregulation. *Frontiers in Veterinary Science* 9: In press.
- Murtaza, S. *et al.* (2021). Effect of exogenous administration of oxytocin on postpartum follicular dynamics, oestrous rate and ovulation in Nili-Ravi buffaloes. *Reproduction in Domestic Animals*, 1-8.
- Napolitano, F. *et al.* (2018). El bienestar de la búfala lechera al parto. Recuperado de: <https://www.ganaderia.com/destacado/El-bienestar-de-la-bufala-lechera-al-parto>, (Consultado: 10/01/2022, última actualización 17/12/18).
- Napolitano, F. *et al.* (2020a). *El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes*. 3.ª ed. México: BM Editores.
- Napolitano, F. *et al.* (2020b). Factores productivos y su incidencia en el bienestar de la búfala lechera en sistemas de producción extensivos e intensivos. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 20: 155-173.
- Napolitano, F. *et al.* (2020c). "Perinatología y ginecobstetricia de la búfala de agua". En: Napolitano, F. *et al.* (comp.). *El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes*. 3.ª ed. México: BM Editores.
- Napolitano, F. *et al.* (2021). Advances and perspectives in research on buffalo milk production and mozzarella cheese. *Agro Productividad*, 14(6):1-9.
- Nasr, M. (2017). The impact of cross-breeding Egyptian and Italian buffalo on reproductive and productive performance under a subtropical environment. *Reproduction in Domestic Animals*, 52(2): 214-220.
- Noakes, D. E. *et al.* (2009). *Veterinary Reproduction and Obstetrics*. W.B. Saunders Elsevier, Inglaterra, Ltd. 9th ed. Londres, Reino Unido: W.B. Saunders Ltd.
- Olmos-Hernández, S.A. *et al.* (2020). Anatomofisiología de la glándula mamaria: neuroendocrinología de la eyección láctea en la búfala de agua. En: Napolitano, F. *et al.* (comp.). *El búfalo de agua en Latinoamérica, hallazgos recientes*. 3.ª ed. México: BM Editores.
- Orihuela, A. *et al.* (2021). Neurophysiological mechanisms of Cow-Calf bonding in buffalo and other farm animals. *Animals*, 11(7): 1968.
- Oviedo-Boyso, J. *et al.* (2007). Innate immune response of bovine mammary gland to pathogenic bacteria responsible for mastitis. *Journal of Infection*, 54(4): 399-409.

- Ozenc, E. *et al.* (2020). Teat characteristics in relation to animal temperament during milking in buffaloes, and comparison of buffalo and cow teat morphology. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(5): 559-566.
- Di Palo, R. *et al.* (2007). Milk flow traits in Mediterranean Italian Buffaloes. *Italian Journal of Animal Science*, 6(2): 1319-1322.
- Parmar, V. *et al.* (2015). Therapeutic management of clinical mastitis caused by *Pseudomonas* spp with special reference to homeopathy medicine in jafarabadi buffalo - a case. *Ruminant Science*, 4(2): 159-165.
- Patbandha, T. K. *et al.* (2015). Effect of season and stage of lactation on milk components of Jaffrabadi. *The Bioscan*, 10(2): 635-638.
- Patel, R. V., Parmar, S. C. (2016). Retention of fetal membranes and its clinical perspective in Bovines. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 3(2): 111-116.
- Peters, M. P. *et al.* (2015). Impact of subclinical and clinical mastitis on sensitivity to pain of dairy cows. *Animal*, 9(12): 2024-2028.
- Petersson, Wolfe, C. S. *et al.* (2018). An update on the effect of clinical mastitis on the welfare of dairy cows and potential therapies. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 34(3): 525-535.
- Petzl, W. *et al.* (2008). *Escherichia coli*, but not *Staphylococcus aureus* triggers an early increased expression of factors contributing to the innate immune defense in the udder of the cow. *Veterinary Research*, 39(2): 18.
- Pisanu, S. *et al.* (2019). Proteomic changes in the milk of water buffaloes (*Bubalus bubalis*) with subclinical mastitis due to intramammary infection by *Staphylococcus aureus* and by non-aureus staphylococci. *Scientific Reports*, 9(1): 15850.
- Polikarpus, A. (2013). Behavior of buffalo cows in the milking parlour: entrance order and side preference. *ResearchGate*.
- Polikarpus, A. *et al.* (2014). Milking behaviour of buffalo cows: entrance order and side preference in the milking parlour. *Journal of Dairy Research*, 81(1): 24-29.
- Prasad, R. V., Laxmi, J. (2004). Studies on the temperament of murrh buffaloes with various udder and teat shapes and its effect on milk yield. *Buffalo Bulletin*, 33(2): 170-176.
- Purohit, G. (2010). Parturition in domestic animals: A review. *WebmedCentral reproduction: WMC00748*.
- Purohit, G. (2013). "Maternal dystocia and uterine torsion in buffaloes" en: Purohit G (ed) *Bubaline Theriogenology* (252), Ithaca, NY, International Veterinary International Service, disponible en: <https://www.ivis.org/library/bubaline-theriogenology>.

- Rabbani, R. A. *et al.* (2010). Prevalence of various reproductive disorders and economic losses caused by genital prolapse in buffaloes. *Pakistan Veterinary Journal*, 30(1): 44-48.
- Rahman, S. R. *et al.* (2019). Buffalo milk yield, quality, and marketing in different agro-climatic districts of Bangladesh. *Journal of Buffalo Science*, 8(3): 62-67.
- Rainard y Riollot, C. (2006). Innate immunity of the bovine mammary gland. *Veterinary Research*, 37(3): 369-400.
- Raja, S. N. *et al.* (2020). The revised international association for the study of pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*, 161(9): 1976-1982.
- Rasmussen, M. R. *et al.* (2011). Prause, J. U. y Toft: B., "Phantom pain after eye amputation". *Acta Ophthalmologica*, 89(1): 10-16.
- Rodríguez, González, D. *et al.* (2022). Handling and physiological aspects of the dual-purpose water buffalo production system in the Mexican humid tropics. *Animals*, 12(5): 608.
- Rosa, D. *et al.* (2007). The effect of rearing system on behavioural and immune responses of buffalo heifers. *Italian Journal of Animal Science*, 6(2): 1260-1263.
- De Rosa, G. *et al.* (2009). Behavior and milk production of buffalo cows as affected by housing system. *Journal of Dairy Science*, 92(3): 907-912.
- Şahin, A., Yıldırım, A. (2014). Mandalarda Mastitis Olgusu. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 3(1): 1-8.
- Schmidt, S. *et al.* (2006). Histo-morphology of the uterus and early placenta of the African buffalo (*Syncerus caffer*) and comparative placentome morphology of the African buffalo and cattle (*Bos taurus*). *Placenta*, 27(8): 899-911.
- Schuenemann, G. M. *et al.* (2011). Assessment of calving progress and reference times for obstetric intervention during dystocia in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(11): 5494-5501.
- Seegers, H. *et al.* (2003). Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research*, 34(5): 475-491.
- Shaheen, T. *et al.* (2020). Investigations on cytokines and proteins in lactating cows with and without naturally occurring mastitis. *Journal of King Saud University - Science*, 32(6): 2863-2867.
- Sharma, A., Sindhu, N. (2007). Occurrence of clinical and subclinical mastitis in buffaloes in the State of Haryana (India). *Italian Journal of Animal Science*, 6(2): 965-967.
- Sharun, K. *et al.* (2021). Advances in therapeutic and managemental approaches of bovine mastitis: a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 41(1): 107-136.
- Siivonen, J. *et al.* (2011). Impact of acute clinical mastitis on cow behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 132(3-4): 101-106.

- Singha, S. *et al.* (2021). Occurrence and aetiology of subclinical mastitis in water buffalo in Bangladesh. *Journal of Dairy Research*, 88(3): 314-320.
- Streyll, D. *et al.* (2012). Gene expression profiling of bovine periparturient placentomes: detection of molecular pathways potentially involved in the release of foetal membranes. *Reproduction*, 143(1): 85-105.
- Tanamati, F. *et al.* (2019). Differential expression of immune response genes associated with subclinical mastitis in dairy buffaloes. *Animal*, 13(8): 1651-1657.
- Tătaru, M. *et al.* (2022). Morphology of the mammary gland in romanian buffalo. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 51(2): 250-258.
- Thomas, C. S. *et al.* (2004). Mammary cisternal size, cisternal milk and milk ejection in Murrah buffaloes. *Journal of Dairy Research*, 71(2): 162-168.
- Titler, M. *et al.* (2015). Prediction of parturition in Holstein dairy cattle using electronic data loggers. *Journal of Dairy Science*, 98(8): 5304-5312.
- Uematsu, M. *et al.* (2013). Risk factors for stillbirth and dystocia in Japanese Black cattle. *The Veterinary Journal*, 198(1): 212-216.
- Vázquez, Luna, D. *et al.* (2020). Búfalo de agua *Bubalus bubalis* parámetros zootécnicos en el sur de Veracruz, México. *Ganadería*, 11(10):27-32.
- Wang, Y. *et al.* (2008). Macrolide-lincosamide-resistant phenotypes and genotypes of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine clinical mastitis. *Veterinary Microbiology*, 130(1-2): 118-125.
- Weaver, S. R., Hernandez, L. L. (2016). Autocrine-paracrine regulation of the mammary gland. *Journal of Dairy Science*, 99(1): 842-853.
- Yeiser, E. E. *et al.* (2012). The effects of experimentally induced *Escherichia coli* mastitis and flunixin meglumine administration on activity measures, feed intake, and milk parameters. *Journal of Dairy Science*, 95(9): 4939-4949.
- Young, I. R. *et al.* (2011). "The comparative physiology of parturition in mammals: hormones and parturition in mammals" (pp. 95-116). En: Norris, D.O., Lopez, K.H. (comp.). *Hormones and Reproduction of Vertebrates*. 1. ed. USA: Academic Press.
- Zaborski, D. *et al.* (2009). Factors affecting dystocia in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 44(3): 540-551.

El calostro en la búfala de agua: aspectos inmunológicos, nutricionales y fisicoquímicos

Fabio Napolitano,¹ Daniel Mota Rojas,^{2*} Ada Braghieri,¹ Isabel Guerrero Legarreta,³ Rosy G. Cruz Monterrosa,⁴ Nancy José Pérez,² Adolfo Álvarez Macías,^{2*} Adriana Domínguez Oliva,² Daniela Rodríguez González,² Karina Lezama García² y Giuseppe de Rosa⁵

Resumen: El calostro constituye el primer alimento consumido por mamíferos recién nacidos como los búfalos de agua. Los componentes nutricionales del calostro permiten usarlo como fuente de energía para producir calor y como mecanismo para compensar la inmunidad pasiva de las crías recién nacidas. Además, es una fuente de proteínas, ácidos grasos, carbohidratos, vitaminas y minerales que coadyuvan en mantener el buen estado de salud y promueven la vitalidad de los neonatos en sus primeras horas de vida. No obstante, la calidad del calostro de las búfalas de agua puede diferir dependiendo de la raza, alimentación, estado nutricional de la hembra y los días transcurridos en el posparto. Por ello, se planteó este artículo con el objetivo de discutir el proceso fisiológico por el cual se produce el calostro en búfalas de agua, así como describir sus propiedades fisicoquímicas, nutricionales y su transición a leche, analizando los factores que inciden en su calidad y que podrían beneficiar o afectar la calidad inmunológica y nutricional de este denso líquido.

Palabras clave: *Bubalus bubalis*, Inmunoglobulinas, IgG, IgM.

Abstract: Colostrum is the first food consumed by newborn mammals such as water buffalo. The nutritional components of colostrum are a source of energy to produce heat and is a mechanism to compensate for the passive immunity of newborn calves. In addition, it is a source of proteins,

¹ Scuola di Scienze Agrarie, Forestali, Alimentari ed Ambientali, Università degli Studi della Basilicata, 85100 Potenza, Italy.

² Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, CDMX.

³ Departamento de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, CDMX.

⁴ Departamento de Ciencias de la Alimentación. Universidad Autónoma Metropolitana-Lerma, México.

⁵ Dipartimento di Agraria, Università di Napoli Federico II, Portici, Naples, Italy.

* Autores de correspondencia: dmota@correo.xoc.uam.mx y aalvarez@correo.xoc.uam.mx

fatty acids, carbohydrates, vitamins and minerals that help maintain good health and promote the vitality of neonates in their first hours of life. However, the quality of colostrum from water buffaloes differs according to breed, feed, nutritional status of the female and the number of days postpartum. Therefore, the objective of this article is to discuss the physiological process of colostrum production in water buffaloes, as well as to describe its physicochemical and nutritional properties and its transition to milk, analyzing the factors that affect its quality and that could benefit or affect the immunological and nutritional quality of this dense liquid.

Keywords: *Bubalus bubalis, Immunoglobulins, IgG, IgM.*

INTRODUCCIÓN

El consumo de calostro después del nacimiento de las crías es una acción fundamental para los rumiantes, ya que significa la fuente inicial de inmunidad adquirida para los recién nacidos (Stelwagen *et al.*, 2009). La baja calidad, mal manejo y una pobre higiene del calostro pueden acrecentar la susceptibilidad de los recién nacidos a enfermedades o, incluso, elevar los porcentajes de mortalidad (Barry *et al.*, 2019). Esto debido a que alrededor de 10 a 20% de las granjas bufalinas tienden a presentar mortalidad de becerros desde el nacimiento al destete; la evaluación de la cantidad de inmunoglobulinas (Ig), particularmente IgG, en calostro y suero es relevante para valorar la eficiencia de la transferencia de la inmunidad pasiva y, con ello, disminuir la predisposición a enfermedades infecciosas o la tasa de morbilidad y mortalidad (Svensson *et al.*, 2006; Masucci *et al.*, 2011; Giammarco *et al.*, 2021).

Más ampliamente, durante el periodo posnatal el manejo alimenticio de las crías, teniendo como eje el consumo de calostro, favorece la salud y reduce la mortalidad de becerros en los primeros días de vida (Dang *et al.*, 2009; Mastellone *et al.*, 2011; Hammon *et al.*, 2020). Por ello, el calostro ha sido considerado como oro líquido gracias a que es una fuente de energía para producir calor (Campion *et al.*, 2019), debido a su alto contenido en ácidos grasos, proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales, compuestos inmunológicos, factores antimicrobianos o de crecimiento, hormonas y enzimas (Coroian *et al.*, 2013), los cuales influyen en el metabolismo, sistemas endocrinos, estado nutricional y estimulación de los neonatos, así como en el desarrollo y función del tracto gastrointestinal (McGrath *et al.*, 2016). No obstante lo anterior, la calidad inmunológica y cantidad eyectada de calostro también dependen de características maternas, como el número de parto, alimentación,

estado de salud de glándula mamaria y raza, entre otros factores (Georgiev, 2005; Abd El-Fattah *et al.*, 2012).

Con este marco, el presente artículo se planteó con el objetivo de recopilar, analizar y discutir información científica de reciente publicación sobre el proceso fisiológico por medio del cual se obtiene el calostro, así como describir sus propiedades fisicoquímicas, nutricionales y su transición a leche, analizando los factores que inciden en su calidad y que podrían beneficiar o limitar el rol inmunológico y nutricional del calostro en búfalas de agua.

Fisiología del secuestro de calostro

Existe consenso en que el consumo de calostro es vital dentro de los primeros cinco a siete días posteriores al nacimiento para el adecuado desarrollo del recién nacido (Abd El-Fattah *et al.*, 2012). Dicho desarrollo depende del nivel de inmunoglobulinas calostrales presentes y la capacidad de absorción para llevar a cabo la transferencia de inmunidad pasiva, la cual es indispensable para la supervivencia, rendimiento y bienestar de las crías (McGee y Earley, 2019). En este sentido, en un estudio realizado por Mellor y Murray (1986) se detectó que los corderos deben consumir entre 180 y 210 mL/kg de calostro en las primeras 18h de vida, con relación a su peso vivo. En el caso de los bovinos orientados a la producción de carne, el consumo inmediato de 5% de su peso al nacimiento en calostro y de las 6 a 8h posteriores asegura la inmunidad pasiva al recién nacido (McGee *et al.*, 2006).

De acuerdo con Davidson y Stabenfeldt (2020), la formación de calostro se efectúa por medio de la lactogénesis, un proceso secretor en el que se forman inmunoglobulinas a partir de fuentes locales, mediante transcitosis de las células epiteliales mamarias (Hurley y Theil, 2011). Este proceso, que implica la diferenciación celular de la glándula mamaria, inicia antes del parto y se conoce como lactogénesis (Baumrucker y Bruckmaier, 2014; Ashmawy, 2015). En esta etapa, que corresponde al último trimestre de la gestación, la nutrición de la madre influye en el desarrollo mamario y en la calostro-génesis o la producción adecuada de calostro para los neonatos (Banchero *et al.*, 2015). En el transcurso de la lactogénesis I, la hormona del crecimiento y los estrógenos confluyen en la formación de los túbulos, mientras que la progesterona y la prolactina son copartícipes en la proliferación de los alveolos, ocasionando el cambio morfológico de la glándula mamaria, que supone la transformación de una estructura compuesta prin-

principalmente por tejido conjuntivo a una con células alveolares que producen y secretan leche (Davidson y Stabenfeldt, 2020).

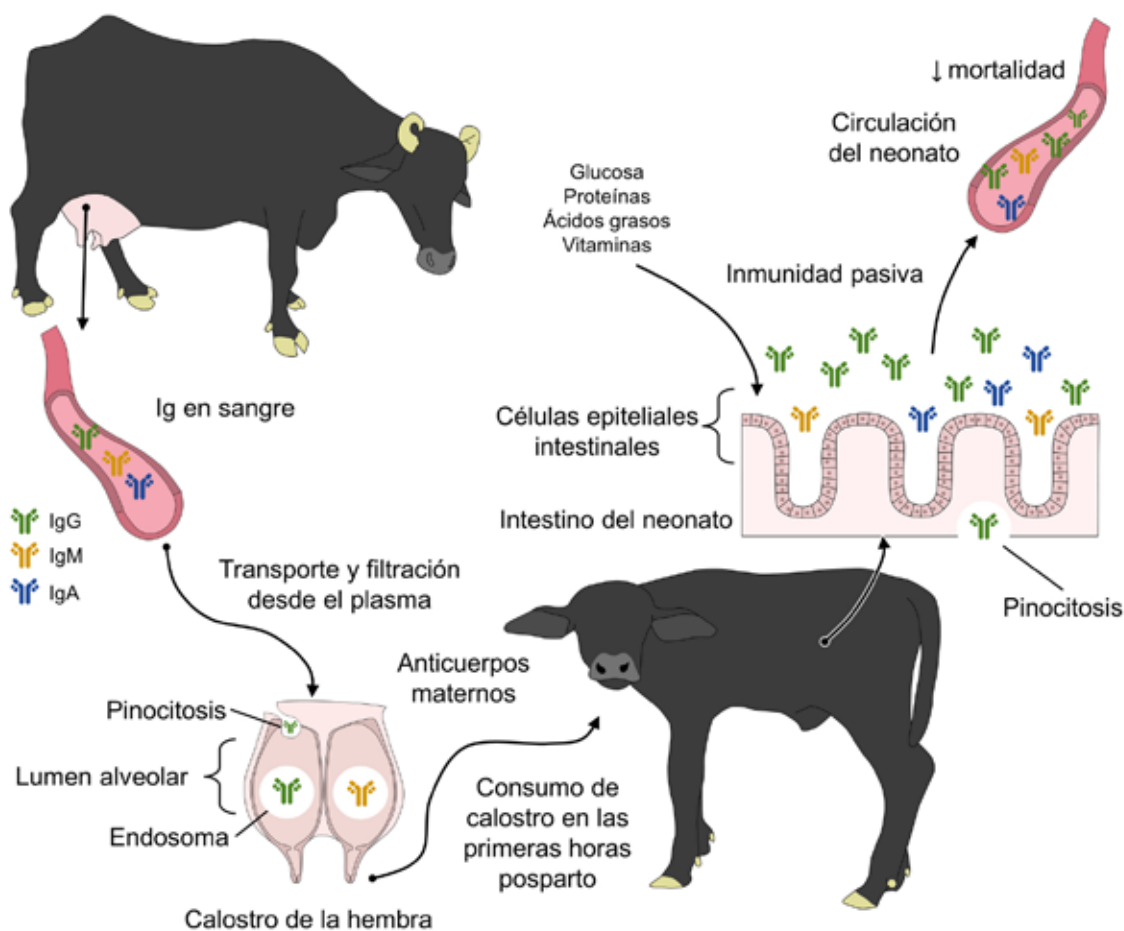
La expresión de estas células alveolares favorece la transferencia de IgG a la cría. Este acción ocurre gracias a que las Ig séricas pueden dirigirse hacia el lumen alveolar mamario a causa del receptor neonatal Fc (FcRn) en las células epiteliales alveolares, provocando el transporte de IgG hacia el extremo apical de la célula (Guzmán y Olivera-Angel, 2020). Sin embargo, la expresión de estos receptores es exigua, desaparece al comienzo de la lactancia y coincide con las máximas transferencias de Ig de 1 a 3 días previas al parto (Guzmán y Olivera-Angel, 2020). Aunado a ello, se registran distintas concentraciones de IgG conforme el tiempo transcurre. Así, se ha descubierto que las concentraciones de IgG1 disminuyen entre las tres y cuatro semanas antes del parto y cesan en el periodo postparto, al contrario de las concentraciones de IgG2 que aumentan durante el preparto (McGee *et al.*, 2006; McGee y Earley, 2019).

Al finalizar la primera fase de este proceso inicia la lactogénesis II, en la que persiste la lactancia y la producción de leche para finalizar con la involución, cuyo proceso es caracterizado por la regresión de los alveolos y los conductillos alveolares, mismos que se remiten y son reemplazados en el periodo seco (Baumrucker y Bruckmaier, 2014; Davidson y Stabenfeldt, 2020).

Inmunidad pasiva y calostro de la búfala de agua

De manera general, las inmunoglobulinas presentes en el calostro de rumiantes, por orden de abundancia, son las IgG, IgM e IgA (Abd El-Fattah *et al.*, 2012). Las IgG son fundamentales para generar la respuesta inmune contra bacterias y virus; las IgM participan de manera inicial contra una eventual infección; y las IgA son alojadas en las superficies del cuerpo como protección ante sustancias extrañas provenientes del exterior (Dang *et al.*, 2009). Debido a que los becerros y cualquier rumiante neonato nacen sin inmunoglobulinas sanguíneas, quedan sujetos al consumo de calostro para su transferencia (Abd El-Fattah *et al.*, 2012) (Figura 1). Aunque en búfalos de agua no existen estándares para evaluar la calidad de calostro, como sucede en los bovinos del género *Bos taurus* o *indicus*, éste se considera como calostro de buena calidad cuando la concentración de IgG es de 50mg/mL (De Souza *et al.*, 2020).

Figura 1. Transferencia de inmunoglobulinas y otros componentes fisicoquímicos del calostro en la búfala de agua (*Bubalus bubalis*)



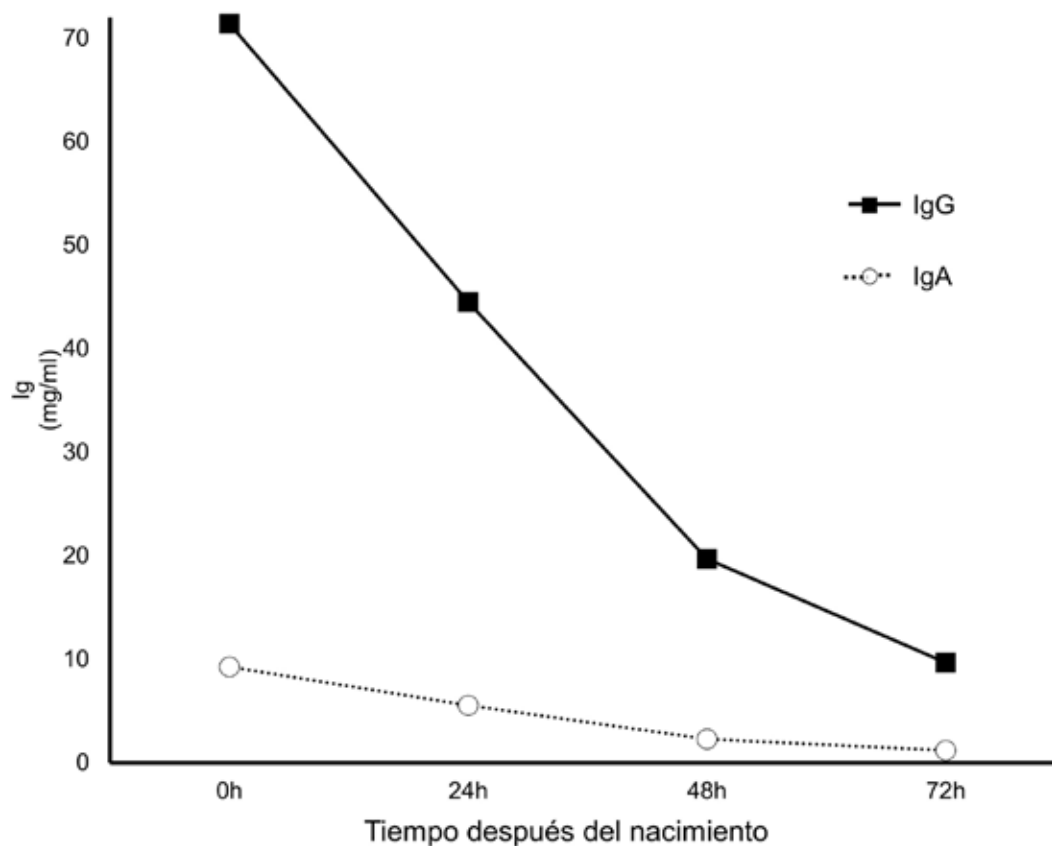
El consumo de calostro durante las primeras horas posparto permite que el neonato adquiera anticuerpos maternos, particularmente IgG, IgM e IgA, los cuales contribuyen a la inmunidad pasiva del becerro.

Además de dichos componentes, la glucosa, proteínas, ácidos grasos y vitaminas con elementos que son absorbidos por las células epiteliales intestinales del recién nacido, le aportan energía y nutrientes para favorecer la vitalidad del neonato y reducir la mortalidad.

Inmediatamente después del parto, los niveles de IgG se establecen entre 85 y 95% de las Ig presentes en el calostro (Baumrucker y Bruckmaier, 2014; Lopez y Heinrichs, 2022), y 8% y 5% de IgM e IgA, de forma respectiva (Dang *et al.*, 2009). De Souza *et al.* (2020) han reportado que las IgG muestran mayores concentraciones que otras Ig como la IgM. El predominio de las IgG se atribuye a la presencia de receptores en las células epiteliales en estructuras como la glándula mamaria y en el intestino de las crías e intervienen en el transporte de las IgG mediante endocitosis en la circulación sanguínea (De Souza *et al.*, 2020). Esto fue registrado por Abd El Fattah *et al.* (2012) en seis búfalas egipcias, en las cuales las concentraciones de Ig durante el parto fueron de 33.20 y 3.00 mg/mL, respectivamente. Debido a que la calidad nutricional del calostro puede ser influenciada por la raza, en búfalas de la raza Murrah la concentración promedio de IgG se ha registrado en 51.71 ± 5.99 mg/mL (Chaudhary *et al.*, 2018), mientras que en búfalas Mediterráneas fue de 64.9 ± 29.3 mg/mL (Giammarco *et al.*, 2021), e inclusive se han reportado concentraciones de hasta 71.4 ± 2.81 mg/mL de IgG (De Souza *et al.*, 2020).

En la Figura 2 se contrastan los niveles de IgG e IgA en el búfalo de agua de la raza Murrah durante las primeras horas del parto, observándose una diferencia de 62.12 mg/mL, a favor de la IgG al nacimiento. Así mismo, los resultados confirman que independientemente del tipo de Ig, éstas descienden conforme transcurren las horas posteriores al nacimiento (De Souza *et al.*, 2020).

Figura 2. Concentración de IgG e IgA en calostro de búfala de agua durante las primeras 72h del nacimiento



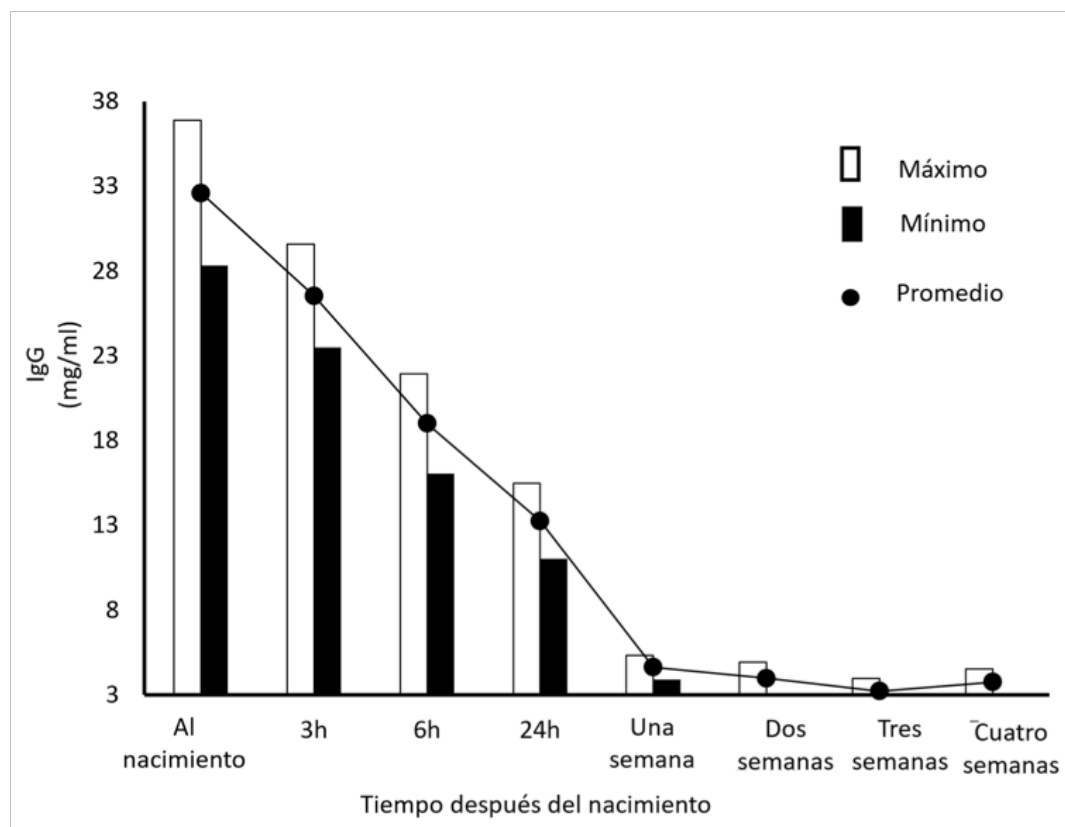
La concentración IgG en calostro muestran ser más altas (71.4 mg/m en comparación a las IgA (9.28 mg/ml), para disminuir de forma paulatina a las 24h (44.5 vs 5.56 mg/ml), 48h (19.7 vs 2.29 mg/ml) y 72h (9.68 vs 1.2 mg/ml), evidenciando de esta forma el descenso continuo de Ig conforme transcurren las horas posteriores al parto. Al igual que en otras especies, las concentraciones de IgG tienden a disminuir conforme el calostro se transforma en leche transicional y en leche madura (Alves *et al.*, 2015), participando en la inmunidad pasiva al formar complejos inmunes que activan el mecanismo efector, resultando en la remoción y destrucción de microorganismos como *Klebsiella pneumoniae* (Mamatha-Bhanu *et al.*, 2016).

Resultados similares fueron hallados por Dang *et al.* (2009), quienes analizaron la concentración de Ig en calostro de búfalas Murrah durante los primeros cinco días posteriores al parto. Los autores determinaron que el nivel medio de IgG en calostro fue de 54.0 mg/mL al parto, disminuyendo significativamente del segundo al quinto día posparto. En cuanto a los niveles de IgA, al día uno correspondió a niveles de 3.22 mg/mL, con una disminución significativa al día tres y cuatro, mientras que IgM marcó un nivel promedio de 5.22 mg/mL al día uno y posteriormente mostró un decrecimiento notable después del tercer día.

De Souza *et al.* (2020) demostraron que la importancia de la ingestión del calostro y sus concentraciones de Ig no sólo dependen de la cantidad producida por la madre, sino también en la cantidad que el becerro puede consumir al nacer y su capacidad para asimilar dichos elementos, esto mediante un estudio con 72 crías de la raza Murrah a las que se les permitió el amamantamiento *ad libitum*, bajo un sistema semi-extensivo en São Paulo, Brasil, en donde se determinó que las concentraciones de IgG en suero antes del primer amamantamiento se ubicaban cerca de los 4.23 ± 0.33 mg/mL, una expresión sérica baja que, de no ser corregida, puede implicar mayor susceptibilidad de los neonatos a contraer patologías dentro de las primeras horas de vida. En contraste, 24h posteriores al parto, las crías mostraron un incremento exponencial a 34.5 ± 1.8 mg/mL, efecto que podría ser originado por el periodo corto de tiempo disponible entre el parto y la primera alimentación (De Souza *et al.*, 2020). De manera destacada, cuando se monitorean a los bucerros durante las próximas 48 a 72h posteriores al parto se han reportado descensos graduales de 33.6 ± 1.30 mg/ml y 30.9 ± 1.32 mg/ml, respectivamente, como consecuencia de la degradación de las Ig adquiridas por la ingestión de calostro (De Souza *et al.*, 2019).

Estos resultados reiteran la relevancia de la ingestión de calostro para los becerros recién nacidos, en quienes se ha detectado una disminución conforme transcurren las horas postparto, tal y como lo documenta Ashmawy (2015) en búfalos egipcios, cuyos resultados se sintetizan en la Figura 3. En ésta se aprecia que la concentración de IgG al final de la gestación se eleva conforme se acerca el parto, de forma tal que al nacimiento el calostro posee la concentración más elevada de IgG (32.60 mg/mL en promedio) y, posteriormente, disminuye a 6.065 mg/mL a las 3h y se establece en 7.535 mg/mL a las 6h. A las 24h la concentración de calostro se estimó en 13.25 mg/mL y decreció a 4.6 mg/mL después de una semana de nacido (Ashmawy, 2015).

Figura 3. Concentración de IgG en calostro de búfala de agua (*Bubalus bubalis*) y su transición a leche normal



Se muestran mínimos, máximos y promedios en la concentración de calostro desde el nacimiento hasta las cuatro semanas posteriores al parto.

De manera adicional, el neonato también experimenta cambios morfológicos en la permeabilidad de la mucosa intestinal, la cual tiende a limitarse entre las 24 a 36h de vida, lo cual puede limitar la absorción de componentes inmunes (Davidson y Stabenfeldt, 2020). Se ha determinado que los tiempos de absorción para las diferentes Ig difieren entre ellas. Para el caso particular de IgG, suele detenerse cerca de las 27h, mientras que para la IgA es a las 16h, después del parto (Ashmawy, 2015).

Además de los factores inherentes a los búfalos neonatos, la composición y calidad del calostro pueden ser afectados por aspectos maternos como la edad de la hembra, número de parto, raza, estado nutricional, estación del año, parto prematuro, lactación prematura y estado de salud, entre otros (Abd El-Fattah *et al.*, 2012; De Souza *et al.*, 2020). De Souza *et al.* (2019) han determinado que los becerros de búfalas primíparas presentaron mayores niveles de IgG séricas a las 24h postparto ($4,093 \pm 1,558$ mg/dL), en comparación con crías de búfalas con dos a cuatro partos ($3,532 \pm 858$ mg/dL) o aquellas con más de cuatro partos ($3,125 \pm 1,484$ mg/dL). Del mismo modo, se ha documentado que una escasa adquisición de inmunidad pasiva en los recién nacidos tiende a reflejarse en afecciones a lo largo de su desarrollo, impactando negativamente en sus parámetros de crecimiento (Furman-Fratczak *et al.*, 2011).

Por otra parte, elementos asociados al manejo del calostro, entre los que se incluyen las prácticas de conservación en cuanto a temperatura e higiene, también pueden incidir en sus constituyentes (Abd El-Fattah *et al.*, 2012). Al respecto, Abd El-Fattah *et al.* (2014) reportaron que la pasteurización a 60°C , la congelación del calostro pasteurizado y la congelación en seco a 60°C no generó alteraciones en los niveles de IgG e IgM. Sin embargo, la pasteurización a 63°C y 72°C disminuyó sensiblemente las concentraciones de dichas Ig (25.0 ± 2.0 mg/mL y 21.6 ± 1.6 mg/mL para la IgG y 1.7 ± 0.1 para la IgM, respectivamente), y la congelación en seco de calostro a $7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por tres meses redujo las concentraciones de IgG e IgM (de 29.8 ± 2.0 a 25.5 ± 2.0 mg/mL y de 29.1 ± 2.2 a 25.1 ± 1.2 mg/mL, respectivamente). Esta reducción en los elementos inmunológicos y nutricionales del calostro también se ha detectado en los componentes proteicos y en los macro y micronutrientes del calostro conforme trascurrieron los días posteriores al parto (Abd El-Fattah *et al.*, 2012; Coroian *et al.*, 2013; Ashmawy, 2015; Wang *et al.*, 2019; Abdel-Hamid *et al.*, 2022)

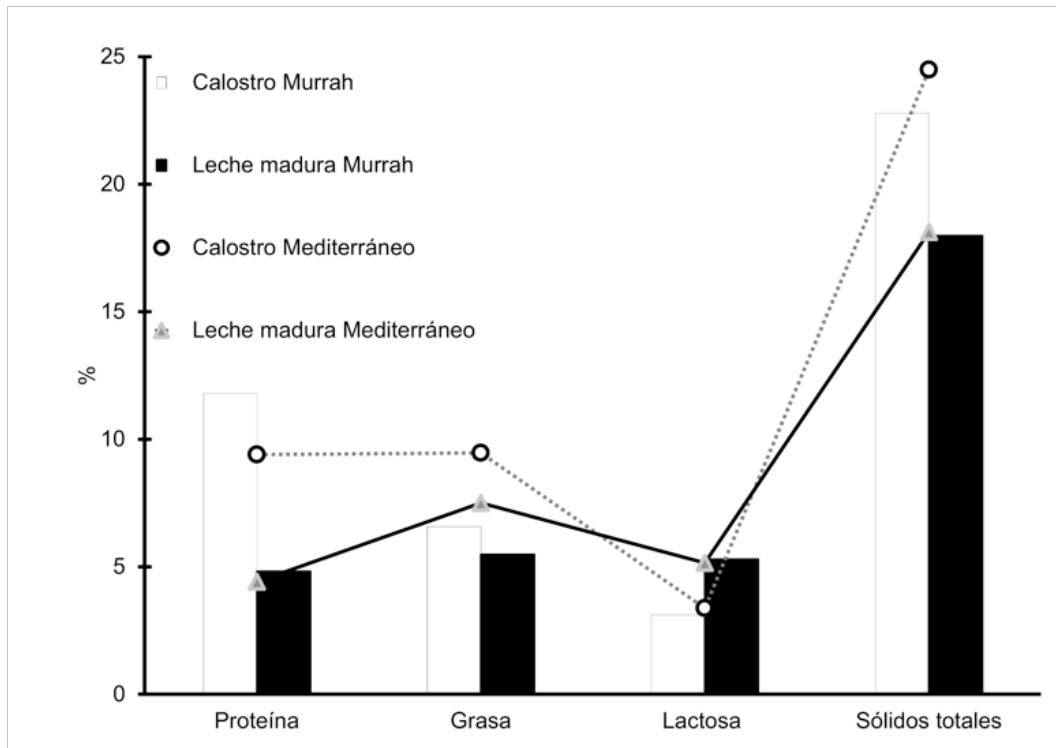
Calidad nutricional del calostro y su transición a leche madura

Como se ha expuesto, el calostro se conoce por sus altos contenidos en elementos de crecimiento como proteínas, grasa, vitaminas, minerales, citocinas, nucleótidos, péptidos, cenizas, hormonas, nitrógeno no proteico y por una menor cantidad de lactosa en comparación a la leche madura (McGrath *et al.*, 2016). Dichas características se suelen modificar durante los primeros cinco a 14 días posteriores al parto, mostrando que sus elementos constitutivos, como grasa, proteínas y sólidos totales se reducen rápidamente.

te hasta el cuarto día para seguir decayendo levemente, a excepción de la lactosa, la cual mostró incrementos progresivos hasta el cuarto día en búfalas Rumanas (Coroian *et al.*, 2013).

Abdel-Hamid *et al.* (2022) han investigado los contrastes entre calostro y leche madura en búfalas de agua Murrah y Mediterráneo, analizando su composición química en cuanto a proteína, grasa, lactosa y sólidos totales. Los autores detectaron que, a pesar de no existir diferencias significativas entre razas, las concentraciones proteicas de la Murrah tienden a ser más altas en el calostro (6.98%) que en la leche madura. En cuanto a la influencia de la raza en los niveles de grasa, los resultados de Wang *et al.* (2019) evidenciaron que el cruzamiento de las razas Murrah x Nili Ravi genera mayores cantidades promedio de grasas, contenido de cenizas y proteínas durante las primeras dos horas posparto (0.973 ± 0.093 , 0.117 ± 0.05 y 1.823 ± 0.554 g/kg, respectivamente). Asimismo, tanto la raza Murrah como la Mediterránea han exhibido mayor concentración de grasa en calostro (6.58 y 9.47%, respectivamente), en contraste con la leche madura (5.49 y 7.50%, respectivamente). Dicho aumento también se expresó en sólidos totales para ambas razas (22.79 y 24.49%, en el mismo orden) en comparación a la leche madura (17.98 y 18.12%). Finalmente, el porcentaje de lactosa se ha mantenido reducido en el calostro en contraste a la leche madura (Abdel-Hamid *et al.*, 2022). Estos resultados se desglosan en la Figura 4.

Figura 4. Diferencias en la composición química de calostro y leche de búfala razas Murrah y Mediterráneo



Se muestra la comparación en el porcentaje de proteína, grasa, lactosa y sólidos totales en calostro y leche madura en raza Murrah y Mediterráneo.

De manera similar, después de las 72h posparto, otros autores han reportado disminuciones en la concentración total de proteínas ($11.93 \pm 0.55\%$), proteínas en suero ($11.00 \pm 0.60\%$), grasa ($9.70 \pm 0.50\%$), cenizas ($25.20 \pm 0.60\%$), y aumentos en el caso de la lactosa de hasta $4.40 \pm 0.60\%$ después de las 72 h (Yonis *et al.*, 2014). Asimismo, en búfalas egipcias se demostró que el cambio más persistente ocurre en relación a la concentración de proteínas en leche, con diferencias significativas al nacimiento ($12.50 \pm 0.22\%$), a las 24h ($10.60 \pm 0.14\%$), una semana después ($3.94 \pm 0.02\%$) y 4 semanas posteriores al nacimiento ($3.19 \pm 0.22\%$) (Ashmawy, 2015).

Los valores de vitamina A y E también han sido analizados en el calostro de búfalas de agua, tal y como ha reportado Abd El-Fattah (2012), encontrando que, en el caso de la primera, las concentraciones al nacimiento son de 166.67 ± 0.88 IU/100 mL, mientras que, a las 6h, 12h y 72h subsecuentes los valores se reducen drásticamente en promedio a 41.67, 20.84 y 10.42 IU/100 mL, respectivamente. En contraste, las concentraciones de vitamina E se reconocen por estar alrededor de los 342.00 ± 3.3 IU/100 mL al parto (Abd El-Fattah *et al.*, 2012), valor que se ubica por encima de los registrados en bovinos (Yonis *et al.*, 2014). Aunado a lo anterior, Abdel-Hamil *et al.* (2022) reportó que la vitamina A en el calostro de búfala es 1.5 veces menor que en bovinos, lo mismo que para concentraciones de Mg, K, Na y Zn y lactoferrina.

Ácidos grasos y colesterol del calostro

Los recién nacidos dependen parcialmente de los componentes lipídicos presentes en calostro para la adquisición de la energía necesaria para la producción de calor, inducido por la dieta y a través de la termogénesis sin titiriteo por el tejido adiposo (Klopp *et al.*, 2022). Ante estos efectos, se ha demostrado que el calostro es rico en moléculas lipídicas esenciales para los recién nacidos, gracias a sus elevadas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados n-3 PUFA, ácido palmítico (C16:0), fosfolípidos, colesterol y bajo contenido de grasas *trans*, en contraste a la leche madura (Wilms *et al.*, 2022). Sin embargo, factores como la estación del año pueden influir sobre la calidad del calostro (Coroian *et al.*, 2013).

En relación a esto último, Coroian *et al.* (2013), evaluaron muestras de calostro durante los primeros siete días postparto de búfalas Rumanas durante dos temporadas: verano (con una alimentación basada en forraje) e invierno (con alimentación con base en heno y concentrado). Los resultados indicaron que en la temporada de verano las concentraciones de ácidos grasos y colesterol son más altos, en discordancia a lo encontrado en invierno (ácido palmítico: 1557.74 ± 0.7 y 1423.09 ± 1.6 $\mu\text{g}/100\text{g}$ en el primer día de nacimiento). Dichos efectos fueron atribuidos a los esquemas de alimentación más que a las estaciones en sí mismas, de tal forma que los bucerros nacidos en verano podrían mostrar un desarrollo más acelerado que los nacidos en invierno. Estos hallazgos deben considerarse para suministrar una correcta nutrición a la madre y, de esa forma, favorecer indirectamente la salud de los neonatos.

Aplicaciones y perspectivas en el estudio del calostro de la búfala de agua

La búfala de agua y los factores que pueden generar impacto en el proceso de secreción de calostro presentan amplias áreas de oportunidad para la investigación, esto debido a la escasa información producida con respecto a lo que podría catalogarse como calostro de calidad (De Souza *et al.*, 2020). Aunque se cuenta con información de ciertas características que pueden generar cambios nutricionales e inmunológicos, éstos no han sido analizados a profundidad en la literatura científica disponible.

Las investigaciones en torno a la composición fisicoquímica, nutrimental y digestibilidad se enfocan a la leche de búfala (Dastur, 1956; Ganguli, 1974; Bajaj *et al.*, 2005; Ménard *et al.*, 2010; Behera *et al.*, 2012), pero en contados casos se enfocan a caracterizar el calostro de esta especie y, en específico, se han identificado estudios sobre el calostro a las 72 horas posteriores al parto (Yonis *et al.*, 2014). Por otro lado, los mecanismos de secuestro de calostro y las características presentes en este producto, así como los cambios fisiológicos para la transición a leche, resaltan como temas de interés en la producción bufalina debido a su impacto en los porcentajes de mortalidad y morbilidad (superiores al 10%) del recién nacido que, en buena medida, son causados por una inadecuada transferencia de inmunidad pasiva y un deficiente aporte nutricional durante las primeras etapas de vida (Qureshi *et al.*, 2020). Resulta relevante destacar que las propiedades y composición del calostro de búfala han sido motivo de estudio como un suplemento en las dietas de otras especies, significando un campo de investigación trascendente a futuro. En esa línea, Mahamod *et al.* (2009), implementaron un estudio en donde se suplementaron dietas en ratas a base de calostro de búfalas, encontrando que tanto las funciones hepáticas, la inmunidad y la ganancia de peso, mostraron resultados favorables en el grupo al cual se les suplementó con este último producto, lo cual genera opciones de investigaciones ulteriores.

Otro hallazgo trascendental, considerando que la calidad y cantidad de calostro están altamente influenciados por factores maternos y del mismo neonato, se ha enfocado a la suplementación de las búfalas con ingredientes como el ensilado de pez diablo (*Pterygoplichthys sp.*), porque también puede ser prometedor, aunque todavía no se han detectado cambios significativos en la composición láctea (García-Hernández *et al.*, 2020). Esta línea de evaluación sobre el tipo de suplementos o dietas que pudieran contribuir a elevar la efectividad de la leche y del calostro de las búfalas también representa un área de oportunidad por explorar.

Finalmente, posterior al análisis de las características calostrales, también es importante considerar el desarrollo de metodologías que planteen como objetivo ofrecer

calostro durante las primeras horas de vida de los recién nacidos, en las mejores condiciones fisicoquímicas e inmunológicas. Con este fin, algunos productores, al disponer de reservas de calostro de alta calidad, han procedido a su almacenamiento para utilizarlo cuando la hembra no sea capaz de proveer cantidades suficientes para el bucerro (Abd El-Fattah *et al.*, 2012). Por tanto, el estudio de la composición del calostro en diferentes hembras y en búfalas de diferentes razas podría contribuir a afinar una estrategia de generar las reservas de calostro de buena calidad en las unidades de producción bufalina que presenten esta limitante.

CONCLUSIONES

La limitada capacidad inmunológica que pueden presentar los bucerros al nacimiento se ha revelado como un factor restrictivo para su supervivencia inicial y su desarrollo productivo dentro de las unidades de búfalos de agua. En efecto, el consumo suficiente y con la calidad adecuada del calostro se ha reconocido como un mecanismo que optimiza la transmisión de inmunidad pasiva, además de que también proporciona una fuente de energía para la termogénesis y elementos nutricionales como proteínas, grasas, vitaminas, entre otros, adicional a que contiene altos niveles de Ig (particularmente IgG e IgM), que resultan decisivos en la disminución de los índices de mortalidad y morbilidad de los recién nacidos.

No obstante, tanto la cantidad y calidad del calostro no sólo depende de la capacidad del neonato para asimilarlo, sino que también inciden factores inherentes a las madres, como el número de parto, estado nutricional, raza y estatus de salud, entre los más sobresalientes, lo que invita al adecuado mantenimiento de las hembras en edad reproductiva e, incluso, durante toda su vida productiva. Al mismo tiempo, los métodos de almacenamiento, manejo y conservación del calostro también deben ser eficientes para que este compuesto mantenga la máxima efectividad posible.

Debido a la relevancia de las propiedades del calostro, es importante la comprensión del proceso de calostrogénesis, así como la transición a leche madura y cómo es que los componentes fisicoquímicos del calostro declinan con el paso de los días, en especial, durante la primera semana de nacimiento. Por ello, resulta clave ampliar las investigaciones y la aplicación de metodologías que permitan conocer los porcentajes y distribución de diversos componentes, y los posibles usos que el calostro podría tener en otras especies, a partir de sus propiedades inmunológicas, nutricionales y fisicoquímicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd El-Fattah, A. *et al.* (2012). Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows, *BMC Veterinary Research*, 8(1):19.
- Abd El-Fattah, A. M. *et al.* (2014). Preservation methods of buffalo and bovine colostrum as a source of bioactive components, *International Dairy Journal*, 39(1):24-27.
- Abdel-Hamid, M. *et al.* (2022). Changes in Whey Proteome between Mediterranean and Murrah Buffalo Colostrum and Mature Milk Reflect Their Pharmaceutical and Medicinal Value, *Molecules*, 27(5):1575.
- Alves, A. *et al.* (2015). Colostrum composition of Santa Ines sheep and passive transfer of immunity to lambs, *Journal of Dairy Science*, 98(6): 3706-3716.
- Ashmawy, N. (2015). Chemical composition, hormonal levels and immunoglobulin G concentration in colostrums, milk and blood plasma of Egyptian buffaloes following calving, *International Journal of Advanced Research*, 3(7): 471-478.
- Bajaj, R. K. *et al.* (2005). Isolation of cationic peptides from buffalo α s1-and α s2-casein and their antibacterial activity, *Indian Journal Dairy Science*, 58(6): 387-391.
- Banchero, G. E. *et al.* (2015). Colostrum production in ewes: a review of regulation mechanisms and of energy supply, *Animal*, 9(5): 831-837.
- Barry, J. *et al.* (2019). Associations between colostrum management, passive immunity, calf-related hygiene practices, and rates of mortality in preweaning dairy calves, *Journal of Dairy Science*, 102(11): 10266-10276.
- Baumrucker, C. y Bruckmaier, R. M. (2014). Colostrogenesis: IgG1 transcytosis mechanisms, *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 19(1): 103-117.
- Behera, P. *et al.* (2012). Fractionation and characterisation of α , β and K-casein trypsin hydrolysates from Buffalo (*Bubalus bubalis*) milk, *Milchwissenschaft*, 67(4): 428-432.
- Campion, F. P. *et al.* (2019). An investigation into the factors associated with ewe colostrum production, *Small Ruminant Research*, 178: 55-62.
- Chaudhary, R. *et al.* (2018). Nucleotide variability in beta 2 microglobulin (β 2M) gene and its association with colostrum IgG levels in buffaloes (*Bubalus bubalis*), *Indian Journal of Animal Research*, 52(1): 51-55.
- Coroian, A. *et al.* (2013). Seasonal changes of buffalo colostrum: physicochemical parameters, fatty acids and cholesterol variation, *Chemistry Central Journal*, 7(1):40.
- Dang, A. K. *et al.* (2009). Changes in colostrum of Murrah buffaloes after calving, *Tropical Animal Health and Production*, 41(7): 1213-1217.
- Dastur, N. (1956). Buffalo's milk and milk products, *Dairy Sciences Abstract*, 18: 967-1008.

- Davidson, A. P. y Stabenfeldt, G. (2020). "La glándula mamaria y la lactación". En: Klein, B. G. (comp.). *Cunningham Fisiología veterinaria*. 6.^a ed. Barcelona, España: Elsevier.
- Delouis, C. (1978). Physiology of colostrum production, *Annales de Recherches Vétérinaires*, 9(2): 193-203.
- Furman-Fratczak, K. *et al.* (2011). The influence of colostrum immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth, *Journal of Dairy Science*, 94(11): 5536-5543.
- Ganguli, N. C. (1974). "Nutritional and biological importance of milk proteins". En: Cockrill, R. (comp.). *Husbandry and health of domestic buffaloes*. Roma.
- García-Hernández, A. *et al.* (2020). Producción, características fisicoquímicas y perfil sensorial de leche de búfalas suplementadas con ensilado de pez diablo (*Pterygoplichthys spp*), *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(57): 1-19.
- Georgiev, P. (2005). Alterations in chemical composition of colostrum in relationship to post-partum time, *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 8(1): 35-39.
- Giammarco, M. *et al.* (2021). Evaluation of Brix Refractometry to Estimate Immunoglobulin G Content in Buffalo Colostrum and Neonatal Calf Serum, *Animals*, 11(9): 2616.
- Guzmán, V. y Olivera-Angel, M. (2020). "Calostrogénesis, digestión y absorción del calostro". En: Olivera-Angel, M. y Huertas-Molina, O. (comp.). *La lactancia, vista desde múltiples enfoques. Primera parte: biología e inmunología* (17-29 pp.). Medellín, Colombia: Biogénesis fondeo editorial.
- Hammon, H. M. *et al.* (2020). Review: Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves, *Animal*, 14(1): s133-s143.
- Hurley, W. L. y Theil, K. (2011). Perspectives on Immunoglobulins in Colostrum and Milk, *Nutrients*, 3(4): 442-474.
- Klopp, R. N. *et al.* (2022), "Relationship of cow and calf circulating lipidomes with colostrum lipid composition and metabolic status of the cow", *Journal of Dairy Science*, 105(2):1768-1787.
- Lopez, A. J. y Heinrichs, A. J. (2022). Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf, *Journal of Dairy Science*, 105(4): 2733-2749.
- Mahamod, E. M. *et al.* (2009). Does buffalo colostrum improve liver functions, immunity and controlling weight?, *Журнал ГрГМУ*, n/d(3): 24-28.
- Mamatha-Bhanu, L. S. *et al.* (2016). Inhibitory potential of Buffalo (*Bubalus bubalis*) colostrum immunoglobulin G on *Klebsiella pneumoniae*, *International Journal of Biological Macromolecules*, 88:138-145.

- Mastellone, V. *et al.* (2011). Effects of passive transfer status on growth performance in buffalo calves, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(7): 952-956.
- Masucci, F. *et al.* (2011). Performance and immune response of buffalo calves supplemented with probiotic, *Livestock Science*, 137(1-3): 24-30.
- McGee, M. *et al.* (2006). Effect of age and nutrient restriction pre partum on beef suckler cow serum immunoglobulin concentrations, colostrum yield, composition and immunoglobulin concentration and immune status of their progeny, *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 45(2): 157-171.
- McGee, M. y Earley, B. (2019). Review: passive immunity in beef-suckler calves, *Animal*, 13(4): 810-825.
- McGrath, B. A. *et al.* (2016). Composition and properties of bovine colostrum: a review, *Dairy Science & Technology*, 96(2): 133-158.
- Mellor, D. y Murray, L. (1986). Making the most of colostrum at lambing, *Veterinary Record*, 118(13): 351-353.
- Ménard, O. *et al.* (2010). Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane, *Food Chemistry*, 120(2): 544-551.
- Qureshi, T. M. *et al.* (2020). Physico-chemical composition and antioxidant potential of buffalo colostrum, transition milk, and mature milk, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10): 1-9.
- De Souza, D. C. *et al.* (2019). Serum biochemical profile of neonatal buffalo calves, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71(1): 187-196.
- De Souza, D. C. *et al.* (2020). "Passive immunity transfer in water buffaloes (*Bubalus bubalis*)", *Frontiers in Veterinary Science*, 7(247): 1-8.
- Stelwagen, K. *et al.* (2009). Immune components of bovine colostrum and milk, *Journal of Animal Science*, 87(13): 3-9.
- Svensson, C. *et al.* (2006). Mortality in Swedish Dairy Calves and Replacement Heifers, *Journal of Dairy Science*, 89(12): 4769-4777.
- Wang, J. *et al.* (2019). Changes in milk yield and composition of colostrum and regular milk from four buffalo breeds in China during lactation, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(13): 5799-5807.
- Wilms, J. N. *et al.* (2022). Fatty acid profile characterization in colostrum, transition milk, and mature milk of primi- and multiparous cows during the first week of lactation, *Journal of Dairy Science*, 105(5): 4692-4710.
- Yonis, A. *et al.* (2014). Comparative study on some chemical - physical indicators in colostrum of egyptian buffaloes and cows, *Journal of Food and Dairy Sciences*, 5(3): 169-178.

Etnoveterinaria, uso de plantas medicinales y sus subproductos en la ganadería extensiva

Román Espinosa Cervantes¹

Resumen. La producción ganadera en nuestro país representa un sector de gran importancia económica para las comunidades rurales. Sin embargo, la producción se ve frenada por la prevalencia de enfermedades animales (parasitarias e infecciosas). El impacto de las enfermedades es grave para las comunidades de escasos recursos, con acceso limitado a la medicina alópata y que dependen de los medicamentos a base de plantas y sus extractos como: compuestos fenólicos, alcaloides, saponinas, terpenos y glucósidos. Lo reportado en la literatura, es que aún no han sido evaluados estos compuestos para autorizar su uso. Es importante estudiar la eficacia terapéutica, evaluar las dosis y la sobredosis, ya que las plantas tóxicas pueden contener compuestos activos con actividades terapéuticas útiles, para evitar problemas de toxicidad en los animales.

Palabras clave: Plantas, Extractos, Metabolitos secundarios, Aceites esenciales y medicamentos.

Abstract. Livestock production in our country represents a sector of great economic importance for rural communities. However, production is hampered by the prevalence of animal diseases (parasitic and infectious). The impact of diseases is serious for communities with limited resources, limited access to allopathic medicine and dependence on plant-based medicines and their extracts such as: phenolic compounds, alkaloids, saponins, terpenes and glycosides. What is reported in the literature is that these compounds have not yet been evaluated to authorize their use. It is important to study therapeutic efficacy, evaluate doses and overdoses, since toxic plants may contain active compounds with useful therapeutic activities, in order to avoid toxicity problems in animals.

Keywords: Plants, Extracts, Secondary metabolites, Essential oils and medicines.

¹ Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Departamento de Producción Agrícola y Animal. e-mail: espinosa@correo.xoc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

La industria ganadera en sistema extensivo es de vital importancia y contribuye en gran medida a la economía de hogares rurales. Este tipo de sistema de producción proporciona alimentos, nutrientes, ingresos, aprovechamiento y productividad del suelo, transporte, tracción agrícola, diversificación y producción agrícola sostenible, además de empleo familiar y comunitario (Bettencourt, 2015). Sin embargo, su desarrollo se ve obstaculizado por diferentes limitaciones; una de las más importantes son las enfermedades, que dan como resultado pérdida de la productividad del ganado, su explotación, la reducción de oportunidad de mercado y deterioro del bienestar humano (Abo-El-Soound, 2018). El efecto negativo de las enfermedades en el ganado es particularmente severo para las comunidades rurales donde el acceso a los servicios veterinarios modernos es muy limitado (Eiki *et al.*, 2021).

En países en desarrollo el uso y suministro de medicamentos veterinarios, en sistemas de producción ganadero, es, en ocasiones, indiscriminado y de alto costo. A pesar de esto, los beneficios que se consiguen con la farmacoterapia no están exentos de riesgos (Aziz *et al.*, 2020), por lo que la presencia de fármacos residuales puede conducir a la aparición de efectos adversos en los animales, alimentos y los consumidores, incluidas reacciones de hipersensibilidad (alergias), resistencia a los antimicrobianos, efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos (Mangabeira da Sila, *et al.*, 2020).

En relación con estas situaciones, los investigadores han buscado alternativas, una de las cuales es el uso de la medicina tradicional (plantas y extractos de plantas) como terapéuticos en los animales. McCorkle (1986) ha documentado algunas investigaciones de prácticas etnoveterinarias en Latinoamérica, al igual que Perezgrovas (1996), quien reporta que mujeres en la región Tzotzil en Chiapas llevan a cabo prácticas de manejo sanitario en borregos.

En las plantas y sus extractos existen compuestos producto del metabolismo secundario, los que se pueden clasificar en cinco grupos principales: fenólicos, alcaloides, saponinas, terpenos y glucósidos (Silva *et al.*, 2020; Balogum *et al.*, 2019).

El objetivo de esta revisión es documentar los efectos potenciales de las plantas y sus derivados en el tratamiento de enfermedades de importancia veterinaria en el ganado.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Se recopilaron artículos científicos disponible en las bases de datos Medline, ScienceDirect, Google académico y la Biblioteca digital de la Universidad Autónoma Metropolitana,

Xochimilco (BidiUAM). Se seleccionó la información lo más recientemente posible y de preferencia con factor de impacto. Las palabras clave utilizadas en la búsqueda fueron: animales, plantas, metabolitos secundarios, compuestos fenólicos, alcaloides, saponinas, terpenos y glucósidos. Cada uno de los conceptos se combinó con operadores booleanos como “and”, “or” o “not” para la recuperación de la información. La revisión de literatura está basada en artículos originales y artículos de revisión relacionados con etnoveterinaria.

La ganadería es un sistema agrícola tradicional que contribuye a los valores económicos, sociales y culturales rurales de las comunidades. El ganado vacuno, al igual que el resto del ganado, se ve afectado por numerosas enfermedades que provocan mortalidad y pérdidas económicas. En muchos hogares rurales, el uso de plantas y el conocimiento asociado son populares para controlar las enfermedades del ganado, especialmente en áreas que enfrentan desafíos con la medicina veterinaria convencional. La evidencia sobre la documentación del conocimiento indígena y la evaluación biológica de las plantas utilizadas contra las enfermedades del ganado sigue siendo poco estudiada y fragmentada.

Ganadería extensiva y la medicina etnoveterinaria. Este sistema de producción se caracteriza por disponer de amplias superficies y/o bajos niveles de inversión por unidad animal y contribuye a los valores económicos y culturales de las comunidades rurales. En estas regiones, los rumiantes, al igual que el resto del ganado, se ven afectados por diversas enfermedades infecciosas y parasitarias que causan considerables pérdidas económicas. En este sistema de producción las plantas medicinales han sido ampliamente utilizadas para la prevención y control de enfermedades del ganado desde hace varios siglos, ya que los habitantes de estas comunidades han aprendido sus propiedades. Las plantas, sus extractos y aceites esenciales se han utilizado en todo el mundo desde tiempos inmemoriales debido a su eficacia y disponibilidad (Chakale *et al.*, 2021). Los remedios herbales son una parte esencial de la medicina tradicional en comunidades indígenas del mundo y de nuestro país. Los tratamientos con medicinas herbales son muy dinámicos y multipropósito, ya que pueden tratar diferentes tipos de trastornos del ganado, además de estar fácilmente disponibles en las áreas remotas y son más baratos en comparación con las drogas sintéticas (Rafique-Khan *et al.*, 2021).

Metabolito secundario de la planta y su importancia terapéutica

Los metabolitos secundarios de las plantas son compuestos orgánicos químicos producidos en la célula vegetal a través de vías metabólicas primarias para impulsar actividades

metabólicas (Hussein y El-Anssary, 2018). Los efectos biológicos que se han descrito son: antibióticos, antifúngicos y antivirales que son capaces de proteger a las plantas de los patógenos, además constituyen importantes compuestos absorbentes de UV, evitando así graves daños en las hojas por la luz. Se ha observado que algunas plantas, como las gramíneas forrajeras, el trébol y la alfalfa pueden expresar propiedades estrogénicas e influir negativamente en la fertilidad de los animales (Balogun *et al.*, 2019). Como tal, el perfil químico de una planta puede variar ampliamente dependiendo de las condiciones de estrés biótico y abiótico, cambios en las intensidades de irradiancia y cualidades, por ejemplo: alta relación rojo/rojo lejano y radiación ultravioleta-B (UV-B), temperatura, sequía, incluso la composición de nutrientes del suelo puede afectar las concentraciones de los metabolitos secundarios en las plantas (Lavin 2012; Matsuura y Fett-Neto, 2015). Sin embargo, esta variación puede estandarizarse con las técnicas analíticas como la cromatografía, permitiendo la recuperación y precisión de cada una de sus moléculas (Hussein y El-Anssary, 2018).

Los compuestos fenólicos se encuentran en todas las plantas vasculares, que van desde compuestos fenólicos simples hasta taninos polimerizados de alto peso molecular (Cuadro 1). Estos compuestos se producen a partir de dos vías: a) ácido shikímico (fenilpropanoides) y ácido acético (fenoles) (Pinto *et al.*, 2021). En general, el mecanismo de acción de los metabolitos secundarios es que modulan específicamente un sitio molecular en los animales. Dichos sitios suelen ser neuroreceptores, enzimas que degradan neurotransmisores, canales iónicos, bombas iónicas o elementos del citoesqueleto (principalmente tubulina o microtúbulos) (Rafehi *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Clasificación de compuestos fenólicos

COMPUESTO	EJEMPLO	FUENTE
Componentes solubles	Ácidos fenólicos, flavonoides, quininas, diterpenos fenólicos y taninos hidrolizables	Mijo, avena, sorgo, cebada, trigo, vegetales, frutas, especies, herbáceas y sus subproductos
Componentes no solubles	Taninos condensados y ligninas	Madera de castaños, pinos y sus subproductos
Otros compuestos aromáticos	Alcoholes, aldehídos, y cetonas	Plantas aromáticas, herbáceas y sus subproductos canela

Fuente: Mahfuz *et al.*, 2021.

Los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes al reaccionar con los radicales libres, mediante transferencia de átomos de hidrogeno, de un electrón, transferencia secuencial de la pérdida del protón y del electrón protón, pérdida de transferencia de electrones y quelación de metales en transición (Zeb, 2020).

La función de los compuestos fenólicos en las plantas es un mecanismo de defensa contra depredadores (patógenos y herbívoros), la radiación ultravioleta y la desecación. En particular, los compuestos fenólicos son disuasivos de alimentación al provocar un sabor astringente y/o causar malestar gastrointestinal. Además, estos compuestos pueden inducir mecanismos de desintoxicación fisiológicamente exigentes, interrumpir la función celular y enzimática, exhibir propiedades pro-oxidativas y reducir la disponibilidad de nutrientes, incluyendo proteínas, hierro y otros minerales como el calcio (Hussein y El-Anssary 2018; Lavin 2012).

Los compuestos fenólicos mejoran la conversión alimenticia en rumiantes alimentados con dosis moderadas, ya que las proteínas pueden formar un complejo en el rumen, escapando así de la digestión ruminal y dando como resultado una mayor absorción de proteínas por parte del animal (Barry y McNabb, 1999). Además, los compuestos fenólicos tienen propiedades antiparasitarias (Cuadro 2).

Tabla 2. Plantas, subproductos y su uso en las diferentes especies

PLANTA	NOMBRE CIENTÍFICO	SUBPRODUCTOS	USOS
Achicoria forrajera	<i>Cichorium intybus L</i>	Terpenoides o compuesto Fenólicos cumarinas	-Gusano pulmonar en ciervos. -Ostertagia en ovinos. Nematodos TGI en corderos.
Té verde	<i>Camellia sinensis (L.) Kuntze</i>	Compuestos polifenólicos	-Inactiva las enzimas para la esporulación en coccidiosis.
Tomillo Menta Eucalipto	<i>Thymus vulgaris</i> <i>Mentha piperita</i> <i>Eucalyptus globules</i>	Aceite esencial 150 ppm en agua de bebida	Estimula la ganancia de peso, respuesta inmune y la estructura ileal
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	Aceite esencial 100 mg/kg en Aves de postura.	Podría incrementar la producción de huevo un 5%.
Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> y <i>Origanum vulgare</i>	La combinación de aceite esencial (cinamaldehído 15% y timol 5%) con ácidos orgánicos.	Podría mejorar de 13,5% la GDP y 5,6% el peso corporal en lechones destetados.

Fuente: Mahfuz *et al.*, 2021.

Mahfuz *et al.* (2021) encontraron que también actúan como promotores del crecimiento en los animales de granja, potenciando las secreciones de enzimas (enzimas digestivas endógenas, saliva, bilis y mucosas) y disminuyendo el número de bacterias patógenas en el TGI o modulando la morfología intestinal por su poder antioxidante y funciones antiinflamatorias.

Además, se ha reportado que existe una serie de compuestos naturales obtenidos de diferentes plantas con propiedades antibacterianas. Su eficacia puede variar debido a las características estructurales de las bacterias Gram + y Gram – (Morris y Cerceo, 2020). Un compuesto antimicrobiano es el extracto natural obtenido de la *Curcuma longa* L., que ha mostrado eficacia contra los estafilococos. Además, los resultados de estos estudios mostraron actividad antimicrobiana de la curcumina (polifenol) contra el *Staphylococcus aureus*, resistente a la meticilina, y *Staphylococcus aureus*, sensible también a la meticilina, con concentraciones mínimas inhibitorias en rango micromolar (Stan *et al.*, 2021).

El orégano es un compuesto monoterpénico fenólico que representa aproximadamente 78-85% del aceite de orégano y es particularmente atractivo para las estructuras de la membrana celular debido a su naturaleza lipofílica. Este compuesto es capaz de disolver la membrana externa de las bacterias y liberar los componentes del lipopolisacárido, lo que aumenta la permeabilidad del trifosfato de adenosina en la membrana citoplasmática y, en consecuencia, altera la permeabilidad pasiva de la célula (Guarda, *et al.*, 2011).

Diversos autores afirman que los compuestos polifenólicos podrían potenciar las actividades bactericidas, inhibiendo el desarrollo de bacterias patógenas intestinales, mientras que algunas bacterias beneficiosas, como *Lactobacillus spp.* y *Bifidobacterium spp.*, desempeñan un papel en el metabolismo de los compuestos fenólicos que proporcionan energía a las células (García-Ruiz *et al.*, 2008).

Los taninos son un grupo de compuestos fenólicos de alto peso molecular con capacidad para formar complejos, reversibles e irreversibles, principalmente con proteínas, en menor proporción con polisacáridos (celulosa, hemicelulosa, pectina, etc.), alcaloides, ácidos nucleicos y minerales, entre otros (Huang *et al.*, 2018). Estos compuestos se dividen en dos grupos: taninos hidrolizables y condensados. Los taninos hidrolizables (TH) están formados por un núcleo de carbohidratos cuyos grupos hidroxilo se esterifican con ácidos fenólicos (principalmente ácido gálico y hexahidroxidifénico). Los taninos condensados (TC), o proantocianidinas, son polímeros no ramificados de unidades flavonoides (flavan-3-ol, flavan-3,4-diol), y suelen tener un peso molecular mayor que el HT (1000-20000 Da en comparación con 500-3000 Da) (Frutos, 2004).

Los compuestos fenólicos (taninos) tienen dos vertientes, es decir, su efecto puede ser beneficioso o perjudicial dependiendo del tipo de tanino consumido, su estructura química y peso molecular, la cantidad ingerida y la especie animal involucrada. En cuanto a aspectos benéficos, se ha utilizado en el control de parásitos internos y antibacterianos. Los taninos de diversas especies de plantas ayudan a controlar ciertos parásitos internos de animales, por ejemplo, el nematodo *Trichostrongylus colubriformis* (Athanasiadou *et al.*, 2000).

Se ha propuesto que el efecto positivo en el animal huésped podría estar asociado con un efecto negativo directo en los propios parásitos, más un efecto indirecto en forma de mayor disponibilidad y utilización digestiva de proteínas. En la literatura se han reportado varios ejemplos en ovejas, corderos y cabras que pastan *Lotus corniculatus* o *Hedysarum coronarium*, y taninos condensados de quebracho contra *Haemonchus contortus* (Marley *et al.*, 2003).

Uno de ellos es el uso de proantocianidinas en extractos acuosos, con dosis que varían de 1.4 y 63.8 mg/g. Sin embargo, el mecanismo de acción detrás de cómo los compuestos secundarios afectan negativamente a *H. contortus*, en diferentes etapas de la vida, sigue siendo desconocido y podría proporcionar una explicación de las diferencias en la eficacia observadas en este estudio, contra la eclosión de huevos y las etapas larvales (Barone *et al.*, 2019).

Liu *et al.* (2013) propone que la actividad antimicrobiana de los taninos y su mecanismo de acción incluyen la inhibición de las enzimas extracelulares, la privación de los sustratos necesarios para el desarrollo, la acción directa sobre el metabolismo a través de la inhibición de la fosforilación oxidativa, la privación de iones metálicos, o la formación de complejos con la membrana celular de bacterias que causan cambios morfológicos de la pared celular y aumento de la permeabilidad de la membrana.

Un compuesto que confirma la inhibición bacteriana es el extracto de *Ascophyllum nodosum*, un florotanino administrado al ganado en engorda, alimentado con granos de 10 a 20 g/kg de alimento 14 días antes del sacrificio, lo que reduce la concentración de *E. coli fecal* (*E. coli* O157:H7). Al igual que el florotanino, las castañas en el pollo de engorda, adicionado de 0.15 a 1.2% en el alimento, reduce el *Clostridium perfringens*, *Eimeria tenella*, *Eimeria acervulina*, *Eimeria máxima*, en el intestino (Tosi *et al.*, 2013).

Los alcaloides son un grupo de compuestos básicos naturales que contienen nitrógeno con bajo peso molecular, sintetizados a partir de aminoácidos y biológicamente activos (Alves de Almeida *et al.*, 2017). Se pueden dividir en diferentes tipos de acuerdo con su estructura química básica. Los tipos de alcaloides son: acridonas, aromáticos, carbolinas, efedras, cornezuelos, imidazoles, indoles, bisindoles, indolizidinas, manza-

minas, oxíndolos, quinolinas, quinozolininas, fenilisoquinolinas, feniletilaminas, piperidinas, purinas, pirrolidinas, pirrolizidinas, pirroloindoles, piridinas y tetrahidroisoquinolinas simples (Hussein y El-Anssary 2018; Ti *et al.*, 2021).

La actividad biológica de los alcaloides es principalmente como eméticos, anticoliérgicos, antitumorales, diuréticos, simpaticomiméticos, antivirales, antihipertensivos, analgésicos, antidepresivos, relajantes musculares, antiinflamatorios, antimicrobianos, promotores del crecimiento y antiulcerosos (de Sousa *et al.*, 2008).

Mecanismo de acción de los alcaloides

Los alcaloides tienen átomos de nitrógeno que aceptan protones y uno o más átomos de hidrógeno de amina, donantes de protones, que forman enlaces de hidrógeno con proteínas, enzimas y receptores (Cushnie *et al.*, 2014). Además, generalmente tienen grupos funcionales como el hidroxilo fenólico. Este último podría explicar la excepcional bioactividad de los alcaloides. La toxicidad puede surgir por alteraciones enzimáticas que afectan los procesos fisiológicos, inhibición de la síntesis de ADN y mecanismos de reparación intercalándose con ácidos nucleicos, o afectando el sistema nervioso (Matsuura y Fett-Neto, 2015).

Uso de los alcaloides

Algunos estudios han reportado que los alcaloides tienen una función importante como promotores del crecimiento. Se encontró que el extracto de *Macleaya cordata* (Willd.) R. Br., cuando es usado como aditivo alimenticio en los animales a una concentración de 15 y 50 mg/kg, tiene un efecto sobre la ganancia de peso. Este resultado se ha atribuido a la influencia positiva, particularmente debido a sus propiedades antimicrobianas y su capacidad para modificar el sistema inmunológico y la reducción de la inflamación en cerdos y aves (Ni *et al.*, 2016).

Otro estudio reporta resultados similares en aves, en donde el conteo de las unidades formadoras de colonias de *Salmonella typhimurium* en el buche, molleja y duodeno disminuye en pollos alimentados con dietas a las que se le agregó extracto de *Macelaya cordata*. A los 21 días, mejoró el peso final y la ganancia diaria de peso, también se mejoró la conversión alimenticia, en comparación con los pollos que no recibieron el extracto.

En ambos tratamientos no se observaron cambios en el consumo de alimento (Altamira-Santiago *et al.*, 2021).

Una propiedad más que tienen los alcaloides es la antiparasitaria, ya que cuando se usa el árbol de azufre *Morinda lucida* (guanabana) (antraquinonas y antraquinoles), estos compuestos participan en la disminución del recuento de *ooquistes* en las aves. Así también, el uso de la corteza de raíz de agracejo del *Berberis lycium* Royle, que contiene el alcaloide Isoquinolina, es capaz de inhibir los esporozoitos de *E. tenella* en las aves, mediante el estrés oxidativo (Jamil *et al.*, 2022).

Los productos naturales mencionados anteriormente son también una fuente de inmunomoduladores antioxidantes y sustancias antiinflamatorias. Tal es el caso de la berberina (Isoquinolina), que tiene actividad importante como antiinflamatorio en modelos animales que presentan colitis ulcerativa. Además, inhiben la liberación de citoquinas (TNF- α , IL-1 β , IL-6, IL-12 e IL17). Este efecto puede ser prometedor para ser utilizados como potenciales agentes en la inflamación intestinal (Alves de Almeida *et al.*, 2017).

Están disponibles investigaciones que usan alcaloides como antivirales, éstas indican que en la primera semana posterior a la infección a influenza, la L-efedrina disminuye la carga viral en el pulmón, y el nivel de IL-1 β en suero inhibe los niveles de expresión de ARNm de TNF- α , TLR3, TLR4, TLR7, MyD88, NF- κ B p65 y RIG-1, así como los niveles de expresión de proteínas de los TLR4, TLR7, MyD88 y NF- κ B p65, y aumenta notablemente el nivel de IL-10 en suero y el nivel de expresión de ARNm de IFN- γ (Ti, *et al.*, 2021).

Los terpenos son la clase más grande y altamente diversificada de metabolitos secundarios con unidades C5 y se pueden subdividir en monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), triterpenos (C30), tetraterpenos (C40) y politerpenos. Los esteroides (C27) se derivan de los triterpenos (Wink, 2015; Balogun *et al.*, 2019).

Los terpenoides generalmente son lipofílicos, interactuando fácilmente con las biomembranas y las proteínas membranales. El modo de acción es incrementar la fluidez y la permeabilidad de las membranas, lo que puede conducir a la salida incontrolada de iones y metabolitos e incluso a la fuga celular, resultando en muerte celular apoptótica o necrótica. Además, pueden modular la actividad de membrana, proteínas y receptores o canales iónicos (Nogueira *et al.*, 2021).

En los últimos años, el uso de los AE como terapéuticos que comprenden diferentes compuestos y que han demostrado actividad antiprotozoaria son los monoterpenos α -pineno y sabineno. Stephane y Jules (2020) propone que los efectos sinérgicos, usando diferentes AE, son otra característica clave que muestra más efectividad en relación con

los compuestos individuales. El mecanismo de acción de los terpenos radica en provocar fugas de iones de potasio y contenido citoplasmático de las células parásitas, debido a la hidrofobicidad y la permeabilidad celular, que causa alteración de la morfología celular y cese de la actividad parasitaria. En cuanto al diagnóstico de laboratorio, la tinción con fluorocromos SYBR-14 y el yoduro de propidio confirman el daño de la membrana plasmática en *Ichthyophthirius multifiliis* en peces por la acción de los aceites esenciales (AE), derivados de la planta *Varronia curassavica* (Dawood *et al.*, 2021).

Actualmente, la actividad ovicida de los acaricidas es limitada como tratamiento eficaz de la sarna, por lo que se ha propuesto que los AE, o sus respectivos componentes, pueden ser activos contra los huevos de artrópodos (piojos y garrapatas de las mascotas). Un estudio muestra que los huevecillos de *Sarcoptes scabiei*, cuando son expuestos a una concentración efectiva para obtener 50% de mortalidad por huevecillos (EC_{50}), fue de 0.5, 0.9, 2.0, 4.8, 5.1 y 9.8% para carvacrol, eugenol, geraniol, citral, terpinen-4-ol y linalool, respectivamente. Los resultados muestran que, después de cada tratamiento, estos seis terpenos pueden actuar penetrando a través de los aerófilos de la superficie de los huevecillos (Li, M. *et al.*, 2021).

Otra función que tienen los terpenos es el uso de linalol, un derivado de la *Lavandula angustifolia*, que es un ingrediente activo de la lavanda con propiedades ansiolíticas, estabilizadoras del estado de ánimo, sedantes, analgésicas, anticonvulsivas, antiinflamatorias, antitumorales, antibacterianas y neuroprotectoras. Nuutinen (2018) estableció, en ratones transgénicos, que una dosis de 25 mg/kg cada 48 hr durante 3 meses mejoran el aprendizaje y la memoria espacial de los animales, cuando se verificó con pruebas de comportamiento.

Con respecto a la actividad antibacteriana de los terpenos y fenilpropanoides, se han observado potenciales bacteriostáticos y bactericidas contra cepas de *E. coli* y *S. aureus*, en presencia de carvona, carvacrol, eugenol y *trans* cinnamaldehído, observándose daño a la membrana bacteriana y alteración de la permeabilidad, confirmado por las pruebas de tolerancia a la sal, liberación de constituyentes celulares y absorción de cristal violeta (Nogueira *et al.*, 2021).

Las saponinas son glucósidos tensoactivos de origen natural, producidos principalmente por plantas (alfalfa, soya y yuca). Las saponinas contienen glucosa, galactosa, ácido glucurónico, xilosa, ramnosa unida glucosídicamente a una aglicona hidrofóbica de naturaleza triterpenoide o esterioide (Das *et al.*, 2012).

El *Agave brittoniana* especie Trel. subsp. *brachypus* es una planta que se caracteriza por su alto contenido de saponinas esteroidales que se utilizan como tratamiento de la distensión abdominal, inapetencia, disentería, anoréxica, micción frecuente y antin-

flamatorio. En la rata con edema se usan dosis de 50 y 100 mg/kg de una fracción enriquecida con saponina, mostrando los mayores porcentajes de inhibición después de tres horas de tratamiento. De acuerdo con los resultados del modelo crónico, el extracto butanólico enriquecido con saponinas mostró actividad antiinflamatoria al reducir el peso seco del granuloma y aumentar el porcentaje de inhibición en la rata (González-Madariaga *et al.*, 2020).

Un mecanismo de acción propuesto con *Agave brittoniana* se evaluó mediante la actividad de Na^+ -ATPasa y (Na^+K^+) -ATPasa en el túbulo proximal del riñón de cerdo. Se observó que esta saponina esteroidea ejerce un efecto bifásico sobre la actividad de la Na^+ -ATPasa. Silva, G. (2005) propone que el efecto del extracto acuoso como diurético se debe, al menos en parte, a la acción de la saponina sobre la Na^+ -ATPasa, su comprobación fue realizada determinando la insensibilidad de la actividad $(\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPasa})$ a la ouabaína.

Otro posible mecanismo de acción se presenta cuando se usan saponinas (prosapogeninas) al 1%, obtenida de *Medicagos sativa* como antiparasitarios, en burros contra huevecillos de *Strongylus equinus* intestinales. Se cree que sus efectos negativos pueden estar relacionados con su capacidad para desestabilizar las membranas y hacerlas más permeables. De esta manera, pueden penetrar dentro de los huevos y destruir su contenido, impidiendo el desarrollo de la larva del nematodo. Otra hipótesis es que las saponinas pueden reducir la tasa de eclosión de los huevos de nematodos al interferir con la actividad de las enzimas responsables de la eclosión (Maestrini *et al.*, 2019).

Los glucósidos (GS) herbales son metabolitos secundarios que, por hidrólisis, producen dos fracciones: azúcar (glicona) y no azúcar (aglicona o genina). La parte de aglicona es responsable de la acción farmacológica, mientras que la parte de azúcar es responsable de la solubilidad, la permeabilidad celular y otras propiedades farmacocinéticas (Li, R. *et al.*, 2022). Existen diferentes tipos de glucósidos: de antraquinona, de saponina, cardíacos, de isotiocianato y de Ciano foros, entre otros. Los glucósidos herbales son utilizados como terapéuticos cardiotónicos, purgativos, laxativos, vasodilatador coronario, sedativo y expectorante (Li, R. *et al.*, 2022).

El mecanismo de acción de los glucósidos, al igual que las saponinas, es la inhibición de la Na^+/K^+ -ATPasa (la bomba de sodio-potasio, NKA), que interrumpe la homeostasis iónica que conduce a una concentración elevada de Ca_2^+ , que resulta en la muerte celular. Por lo tanto, la NKA sirve como un objetivo molecular para los GS (aunque no es el único), y aunque los GS son tóxicos para los humanos y algunos animales, también se pueden usar como terapéuticos para diversas enfermedades, como las cardiovasculares inmunológicas y posiblemente el cáncer (Bejček *et al.*, 2021).

Harpagophytum procumbens, conocida como garra de diablo, tradicionalmente ha sido usada en el tratamiento de la fiebre, enfermedades digestivas, estimulante del apetito, analgésicos y antiinflamatorios. Hace algunos años se demostró que el tratamiento a ratones con un extracto de Hp (50-800 mg/kg i.p.) suprimió significativamente la inflamación aguda inducida por la albúmina de huevo fresco y produjo una actividad analgésica significativa contra los estímulos de dolor nociceptivo, inducidos química y térmicamente (Grant, 2007).

Astragalus es otra planta que contiene glucósidos con propiedades inmunológicas; en perros inmunodeprimidos mejora los signos clínicos y la regulación de las células inmunitarias, las citoquinas y otros parámetros relacionados con el sistema inmunitario; a dosis de 200 mg/kg puede mejorar significativamente el nivel de inmunidad celular. El polisacárido podría usarse como un adyuvante inmunológico para regular y mejorar el sistema inmunológico de las mascotas inmunosuprimidas por diferentes causas (Qiu *et al.*, 2010).

Otro estudio con *Astragalus membranaceus* en ovejas demostró propiedades inmunitarias cuando se les suministro una dosis de 50 a 80 g/kg de MS de Astragalo como suplemento alimenticio; este tratamiento mejoró la inmunidad y el crecimiento de los animales (Wang *et al.*, 2021).

Aspecto toxicológico que considerar en el uso de plantas como terapéuticos

La gran mayoría de las plantas y sus metabolitos secundarios utilizadas en la medicina tradicional como alimento han demostrado cierta toxicidad con efectos mutagénicos y cancerígenos, sin embargo, algunas de las plantas tóxicas son útiles al hombre como medicinas y para uso como pesticidas como: *Datura* (alcaloides de tropano), *Digitalis* (glucósidos cardíacos) y *Pyrethrum* (insecticidas de piretrina). Las plantas medicinales y sus metabolitos han demostrado toxicidad en estudios de laboratorio y observaciones de campo. Por ejemplo, *Lantana camara*, utilizado en el tratamiento de la malaria y otras enfermedades, se ha informado que es hepatotóxico en varias especies animales, lo que podría ser motivo de preocupación con respecto a su uso crónico en animales en pastoreo (Mensah *et al.*, 2019).

Uno de los principales aspectos a considerar en el uso de las plantas, AE y subproductos como agentes terapéuticos en los animales es la inocuidad, por lo que una inspección adecuada se vuelve esencial para validar la seguridad de hierbas medicinales y para proteger la salud pública de usos peligrosos. Muchos de estos agentes terapéuticos

tienen gran potencial de uso, sin embargo, aún no han sido evaluados para autorizar su uso. Por ello, se tiene que valorar la eficacia terapéutica, evaluar las dosis y la sobredosis, ya que las plantas tóxicas pueden contener compuestos activos con actividades terapéuticas útiles para evitar problemas de toxicidad en los animales (Abo-El-Soound, 2018).

CONCLUSIÓN

En la actualidad tiene mucha importancia el uso de las plantas medicinales y sus extractos, sin embargo, aún existe poca información sobre los mecanismos de acción de los metabolitos secundarios en los tejidos y órganos animales. Es importante desarrollar estrategias para seleccionar compuestos bioactivos. Además, la mayoría de los tratamientos se llevan a cabo en una especie en particular, por lo que es necesario elaborar ensayos clínicos para usar los metabolitos secundarios en otras especies y para diferentes acciones terapéuticas. Algunos metabolitos secundarios se usan como aditivos naturales para la alimentación como alternativa a un antibiótico promotor de crecimiento en animales. Es necesario realizar estudios científicos y ensayos clínicos para lograr una validación y estandarización. Determinar las dosis terapéuticas, mecanismos de acción, posibles interacciones con otros productos químicos de las alternativas herbales y, sobre todo, su efecto en los consumidores son parte de las áreas de investigación que se pueden potenciar.

BIBLIOGRAFÍA

- Abo-El-Soound, K. (2018). Ethnoveterinary perspectives and promising future. *International Journal Science and Medicine*, 6: 1-7.
- Altamira-Santiago, R., Garcia-López, J. C., Ballesteros-Rodea, G., Rojas-Castillo M. A., González-Vilet, G., Rios-Sanchez, N., López-Aguirre, S. (2021). *Macleaya cordata* extract as an ethnoveterinary alternative for broilers challenged with *Salmonella typhimurium*. *J. Nat. Prod. Resour*, 7(1): 265-266.
- Alves de Almeida, A. C., Meira de-Faria, F., Dunder, R. D., Bognoni Manzo, L. P., Monteiro Souza-Brito, A. R., Luiz-Ferreira, A. (2017). Recent Trends in Pharmacological Activity of Alkaloids in Animal Colitis: Potential Use for Inflammatory Bowel Disease. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-24.

- Athanasiadou, S., Kyriazakis, I., Jackson, F., Coop, R. L. (2000). Consequences of long-term feeding with condensed tannins on sheep parasitised with *Trichostrongylus colubriformis*. *International Journal for Parasitology*, 30(9): 1025-1033.
- Aziz, M. A., Hasan, K. A., Pieroni, A. (2020). Ethnoveterinary plants of Pakistan: a review. *J Ethnobiology Ethnomedicine* 16:1-18.
- Balogum, F. O., Ashafa, A. O., Sabiu, S., Ajao, A. A., Perumal, C. P., Kazeem, M. I., Adejebi, A. A. (2019). Pharmacognosy: Importance and drawbacks. En: Perveen, S. Al-Taweel, A. (Eds.). *Pharmacognosy - Medicinal Plants* (pp. 1-19). Londres, Reino Unido: IntechOpen Limited.
- Barone, C. D., Zajac A. M., Ferguson, S. M., Brown, R. N., Reed, J. D., Krueger, C. G., Petersson, K.H. (2019). *In vitro* screening of 51 birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.; *Fabaceae*) strains for anti-parasitic effects against *Haemonchus contortus*. *Parasitology*, 1-9.
- Barry, T. N., McNabb, W. C. (1999). The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. En: *Br. J. Nutr*, 81: 263-272.
- Bejček, J., Jurášek, M., Spiwok, V., Rimpelová, S. (2021). Quo vadis Cardiac Glycoside Research? *Toxins*, 13(5): 1-23.
- Bettencourt, E. (2015). The Livestock Roles in the Wellbeing of Rural Communities of Timor-Leste Elisa. *RESR, Piracicaba-SP*, 53, Supl. 1, p. S063-S080.
- Chakale, M. V., Mwanza, M., Aremu, A. O. (2021). Ethnoveterinary Knowledge and Biological Evaluation of Plants Used for Mitigating Cattle Diseases: A Critical Insight Into the Trends and Patterns in South Africa. *Frontiers in Veterinary Science*, 8: 1-19.
- Chaki, R., Ghosh, N., Mandala, S. C. (2022). Phytopharmacology of herbal biomolecules”, Editor(s): Subhash C. Mandal, Amit Kumar Nayak, Amal Kumar Dhara, Herbal Biomolecules. *Healthcare Applications, Academic Press*, 101-119.
- Cushnie, T. P., Cushnie B., Lamb, A. (2014). Alkaloids: an overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 44(5): 377-386.
- Das, T. K., Banerjee, D., Chakraborty, D., Pakhira, M. C., Shrivastava, B., Kuhad, R. C. (2012). Saponin: Role in Animal system. *Vet. World*, 5(4): 248-254.
- Dawood, M. A., El Basuini, M. F., Zaineldin, A. I., Yilmaz, S., Hasan, M. T., Ahmadifar, E., El Asely, A. M., Abdel-Latif, H. M., Alagawany, M., Abu-Elala, N. M., Van Doan, H., Sewilam, H. (2021). Antiparasitic and Antibacterial Functionality of Essential Oils: An Alternative Approach for Sustainable Aquaculture. *Pathogens* 2021, 10: 185.
- De Sousa, F. H., Leite, J. A., Barbosa-Filho, J. M., De Athayde-Filho, P. F., De Oliveira Chaves, M. C., Moura, M. D., Ferreira, A. L., De Almeida, A. B., Souza-Brito, A. R., For-

- miga Melo Diniz, M., Batista, L. M. (2008). Gastric and duodenal antiulcer activity of alkaloids: a review. *Molecules*, 13(12): 3198-3223.
- Eiki, N., Sebola, N. A., Sakong, B. M., Mabelebele, M. (2021). Review on Ethnoveterinary Practices in Sub-Saharan Africa. *Veterinary sciences*, 8(99): 1-7.
- Frutos, P. (2004). Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2): 191-202.
- García-Ruíz, A. (2008). Potential of phenolic compounds for controlling lactic acid bacteria growth in wine. *Food Control J*, 19: 835-41.
- González-Madariaga, Y., Mena-Linares, Y., Martín-Monteagudo, D., Valido-Díaz, A., Guerra-de-León, J.O., Nieto-Reyes, L. (2020). *In vivo* anti-inflammatory effect of saponin-enriched fraction from *Agave brittoniana* Trel subspecie *brachypus*. *Ars Pharm*, 61(4): 231-237.
- Grant, L.A. (2007). Review of the Biological and Potential Therapeutic Actions of *Harpagophytum procumbens*. *Phytother. Res*, 21: 199-209.
- Guarda, A., Rubilar, J. F., Miltz, J. y Galotto, M. J. (2011). The Antimicrobial Activity of Microencapsulated Thymol and Carvacrol. *Int. J. Food Microbiol.* 146 (2): 144-150.
- Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., Wang, Y. (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2): 137-150.
- Hussein, R. A., El-Anssary, A. A. (2018). "Plants Secondary Metabolites": The Key Drivers of the Pharmacological Actions of Medicinal Plants. *Herbal Medicine. IntechOpen*.
- Jamil, M., Aleem, M. T., Shaukat, A., Khan, A., Mohsin, M., Rehman, T. U., Abbas, R. Z., Saleemi, M. K., Khatoon, A., Babar, W., Yan, R., Li, K. (2022). Medicinal Plants as an Alternative to Control Poultry Parasitic Diseases. *Life* 12(449): 1-12.
- Lavin, S.R. (2012). Plant phenolics and their potential role in mitigating iron overload disorder in wild. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 43(3): S74-S82.
- Li, M., Liu, S., Yin, Z., Bernigaud, C., Guillot, J., Fang, F. (2021). Activity of terpenes derived from essential oils against *Sarcoptes scabiei* eggs. *Parasit Vectors*, 9(14): 1-6.
- Li, R. W., Smith, P. N., Lin, G. D. (2022). "Variation of biomolecules in plant species" (pp. 81-99). En: Mandal, Subhash, C., Kumar Nayak, Amit, Kumar Dhara, Amal. *Herbal Biomolecules in Healthcare Applications*. EUA: Academic Press.
- Liu, X-L., Hao, Y. Q., Jin, L., Xu, Z. J., McAllister, T. A., Wang, Y. (2013). Anti-*Escherichia coli* O157:H7 Properties of Purple Prairie Clover and Sainfoin Condensed Tannins. *Molecules*. 2013; 18(2): 2183-2199.
- Maestrini, M., Tava, A., Mancini, S., Salari, F., Perricci, S. (2019). *In Vitro* Anthelmintic Activity of Saponins Derived from *Medicago* spp. Plants against Donkey Gastrointestinal Nematodes. *Vet. Sci.* 6(35): 1-8.

- Mahfuz, S., Shang, Q., Piao, X. (2021). Phenolic compounds as natural feed additives in poultry and swine diets: a review. *J Animal Sci Biotechnol* 12, 48(2021).
- Matsuura, H.N., Fett-Neto, A.G. (2015). Plant Alkaloids: Main Features. *Toxicity, and Mechanisms of Action. Plant Toxins*, 1-15.
- Mangabeira da Sila, J.J., Chagas, C.S., Rizzato, P.J.A. (2020). Ethnoveterinary for food-producing animals and related food safety issues: A comprehensive overview about terpenes. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 20: 48-90.
- Marley, C. L., Cook, R., Keatinge, R., Barret, J., Lampkin, N.H. (2003). The effect of birds-foot trefoil (*Lotus corniculatus*) and chicory (*Cichorium intybus*) on parasite intensities and performance of lambs naturally infected with helminth parasites. *Veterinary Parasitology*, 112(1-2): 147-155.
- McCorkle, C. M. (1986). An introduction to ethnoveterinary research and development. *J Ethnobiology*, 6(1): 129-149.
- Mensah, L. K., Komlaga, G., Forkuo, A. D., Caleb Firempong, C., Anning, A. K., Dickson, R. A. (2019). Toxicity and Safety Implications of Herbal Medicines Used in Africa. *Herbal Medicine. Intechopen*, 72437: 63-86.
- Morris, S., Cerceo, E. (2020). Trends, Epidemiology, and Management of Multi-Drug Resistant Gram-Negative Bacterial Infections in the Hospitalized Setting. *Antibiotics (Basel)*, 9(196): 1-20.
- Ni, H., Martínez, Y., Guan, G., Rodríguez, R., Más, D., Peng, H., Valdivié Navarro, M., Liu., G. (2016). Analysis of the Impact of Isoquinoline Alkaloids, Derived from *Macleaya cordata* Extract, on the Development and Innate Immune Response in Swine and Poultry. *BioMed Research International*, 2016: 1-7.
- Nogueira, O. J., Campolina, G. A., Batista, L. R., Alves, E., Caetano, A.S., Brandão, R. M., Nelson, D. L., Cardoso, M. G. (2021). Mechanism of action of various terpenes and phenylpropanoids against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *FEMS Microbiology Letters*, 368(9): 1-9.
- Nuutinen, T. (2018). Medicinal properties of terpenes found in *Cannabis sativa* and *Humulus lupulus*. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 157: 198-228.
- Pinto, T., Aires, A., Cosme, F., Bacelar, E., Morais, M. C., Oliveira, I., Ferreira-Cardoso, J., Anjos, R., Vilela, A., Gonçalves, B. (2021). Bioactive (Poly)phenols, Volatile Compounds from Vegetables, Medicinal and Aromatic Plants. *Foods* 10(106): 1-29.
- Perezgrovas R. (1996). "Sheep husbandry and healthcare among Tzotzil maya shepherdeses" (pp. 167-178). En: McCorkle, C.M., Mathias, E., Schillhorn van Veen, T. EUA: *Ethnoveterinary reserach & development*.

- Qiu, H., Cheng, G., Xu, J., Zhang, N., Liu, F., Zhu, X., Zhao, J., Zhang, Y. (2010). Effects of *Astragalus* Polysaccharides on Associated Immune Cells and Cytokines in Immunosuppressive Dogs. *Procedia in Vaccinology*, 2(1): 26-33.
- Rafehi, H., Veveris, K., Karagiannis, T.C. (2012). Mechanisms of action of phenolic compounds in olive. *J Diet Suppl*, 9(2): 96-109.
- Rafique-Khan, S. M., Akhter, T., Hussain, M. (2021). Ethno-veterinary practice for the treatment of animal diseases in Neelum Valley, Kashmir Himalaya, Pakistan. *PLoS ONE* 16(4): e0250114.
- Silva, G. M. (2005). A New Steroidal Saponin from *Agave brittoniana* and Its Biphasic Effect on the Na⁺-ATPase Activity. *Z. Naturforsch*, 60: 121-127.
- Silva, J. D., Campanharo, S. C., Paschoal, J. R. (2020). Ethnoveterinary for food-producing animals and related food safety issues: A comprehensive overview about terpenes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1): 48-90.
- Stan, D., Enciu, A. M., Mateescu, A. L., Ion A. C., Brezeanu, A. C., Stan, D., Tanase, T. (2021). Natural Compounds With Antimicrobial and Antiviral Effect and Nanocarriers Used for Their Transportation. *Front. Pharmacol*, 12(723233): 1-25.
- Stephane, F. Y., Jules, B. J. (2020). "Terpenoids as Important Bioactive Constituents of Essential Oils" (pp. 1-32). En: De Oliveira, M. A., Costa W.A., Silva, S.G. (Eds.). *Essential Oils - Bioactive Compounds, New Perspectives and Applications*. EUA: IntechOpen.
- Ti, H., Zhuang, Z., Yu, Q., Wang, S. (2021). Progress of Plant Medicine Derived Extracts and Alkaloids on Modulating Viral Infections and Inflammation, Drug Design. *Development and Therapy*, 15: 1385-1408.
- Tosi, G., Massi, P., Antongiovanni, M., Buccioni, A., Minieri, S., Marenchino, L., Mele, M. (2013). Efficacy test of a hydrolysable tannin extract against necrotic enteritis in challenged broiler chickens. *Ital J Anim Sci*, 12: 123-132.
- Wang, X. J., Ding, L. M., Wei, H. Y., Jiang, C. X., Yan, Q., Hu, C.S., Jia, G. X., Zhou, Y. Q., Henkin, Z., Degen, A. A. (2021). *Astragalus membranaceus* root supplementation improves average daily gain, rumen fermentation, serum immunity and antioxidant indices of Tibetan sheep. *Animal*, 15(1): 1-7.
- Wink, M. (2015). Modes of Action of Herbal Medicines and Plant Secondary Metabolites. *Medicines*, 2: 251-286.
- Zeb A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *J Food Biochem*, 44(9): 1-22.

Métodos para la detección de *Blastocystis* spp, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, y *Cryptosporidium* spp en muestras de agua y materia fecal

José Mijail Campos Compean,¹ Ana María Fernández Presas,³ María del Carmen Monroy Dosta,⁴ Aída Hamdan Partida² y Jaime Bustos Martínez^{2*}

Resumen. Las enfermedades gastrointestinales son un problema de salud pública debido a que poseen altos índices de prevalencia en la población nacional y mundial. Por ello, es importante contar con una metodología adecuada para su identificación segura y oportuna. Existen diversos métodos para realizar el diagnóstico de parásitos protozoarios, los que se pueden agrupar en 3 tipos: métodos microscópicos, métodos moleculares y métodos inmunobiológicos.

Se realizó una búsqueda a través de PubMed, Medline, Scopus, Google Scholar, DBLP, JSTOR y LILACS para la recolección de artículos enfocados en métodos para la identificación y diagnóstico de *Blastocystis* spp, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp. Se encontró que se puede tener una confirmación confiable de la presencia de estos parásitos intestinales si se utilizan los métodos microscópicos, moleculares e inmunobiológicos aquí descritos. Estas metodologías permiten la realización de estudios tanto de diagnóstico como epidemiológicos y ambientales.

Palabras clave: Parásitos protozoarios, Enfermedades gastrointestinales, Métodos microscópicos, Moleculares e Inmunobiológicos.

¹ Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana.

² Departamento de Atención a la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

³ Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México.

⁴ Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo para la Acuicultura, Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco.

* Autor de correspondencia: Jaime Bustos Martínez, 5554837000 ext. 3848, e-mail: jbustos@correo.xoc.uam.mx.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las enfermedades gastrointestinales presentan altas tasas de prevalencia y amplia distribución, principalmente en las regiones tropicales y subtropicales, son del tipo de enfermedades más desatendidas y comunes en poblaciones de escasos recursos, causando una alta morbilidad y mortalidad, sobre todo en países en desarrollo (Lacoste *et al.*, 2012).

Dentro de las enfermedades gastrointestinales se encuentran las parasitosis intestinales, cuyo hábitat es el aparato digestivo de las personas y animales, estas enfermedades son producidas por protozoarios y helmintos. Las parasitosis intestinales tienen distribución mundial y se relacionan estrechamente con la pobreza y con las malas condiciones sanitarias, por lo que aparecen más frecuentemente en países en vías de desarrollo (Lacoste *et al.*, 2012).

Los protozoarios intestinales se destacan por su alta resistencia a los diversos factores ambientales, además se encuentran relacionados con altos índices de morbilidad y mortalidad en la población infantil (Menocal y Caraballo, 2014).

Se sabe que los ecosistemas acuáticos contaminados por diversas fuentes, como aguas residuales, ganado y la industria, favorecen la presencia de parásitos gastrointestinales en agua y alimentos recolectados en la zona contaminada (Walter y Querales, 2008).

La transmisión de parásitos intestinales a través del agua representa un grave problema de salud pública a nivel mundial, debido a que es un medio de diseminación importante de agentes patógenos causales de diversas enfermedades en el humano, las que afectan frecuentemente a la población (Guillen *et al.*, 2013).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 24% de las enfermedades que ocurren en el mundo están asociadas con factores ambientales, entre ellos el agua de calidad insegura y precarias condiciones higiénicas (WHO, 2007). La principal fuente de contagio es el mal manejo de los residuos de materia fecal que contaminan fuentes de agua recreativa, agua potable, suelo y alimentos (Pérez *et al.*, 2008).

Los protozoos que infectan el tracto gastrointestinal con una mayor incidencia y prevalencia son: *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Blastocystis* spp y *Cryptosporidium* spp (Romero y López, 2020).

***Blastocystis* spp**

Blastocystis spp es un parásito de distribución mundial, cuyo nicho ecológico habitual es el aparato digestivo de humanos, mamíferos, aves y reptiles. Inicialmente, fue considerado como una levadura no patógena, sin embargo, en la actualidad se clasifica como un protozoario unicelular anaerobio facultativo, y su patogenicidad continúa en discusión;

recientes investigaciones basadas en el estudio filogenético de la subunidad ribosomal pequeña posicionan a *Blastocystis* spp como el único parásito descrito en humanos perteneciente al reino Chromista, posteriormente, en 2007, se concluyó la existencia de 17 subtipos y se propuso la eliminación del término "*Blastocystis hominis*" y se incluyó el término *Blastocystis* spp, seguido de un subtipo del 1 al 17 en toda muestra aislada (Wawrzyniak *et al.*, 2013).

Cada parásito posee cuatro formas vegetativas: cuerpo central, granular, ameboide y quistes. El quiste mide entre 3 y 6 μm y ha sido aislado de varios diferentes hospederos vertebrados, incluido el hombre. La forma vacuolar está constituida por una gran vacuola central que ocupa una gran parte del espacio celular, limitando al citoplasma y otros componentes intracelulares a la periferia del mismo. Se ha determinado un diámetro con un amplio rango de tamaño que va de entre 4 y 63 μm . La forma granular presenta un rango de diámetro entre 15 y 25 μm y exhibe gránulos en el centro del citoplasma, la forma ameboide es más pequeña, midiendo alrededor de 10 μm y presenta pseudópodos, aun así, no presenta actividad de locomoción (Chacón y Durán, 2017).

El mecanismo de transmisión es a través de ingestión de alimentos y aguas contaminadas con quistes. Posterior a la ingesta y por acción de los jugos gástricos, en el duodeno es liberada la forma vacuolar (Dhurga *et al.*, 2012). Aún no se sabe si se puede adquirir por el consumo de alimentos crudos, ya que hasta el momento sólo se ha encontrado una referencia de *Blastocystis* spp en bivalvos, que frecuentemente se consumen crudos y podrían ser un reservorio para infectar al humano (Campos *et al.*, 2018). Cuando una persona se infecta por la ingestión de quistes, éstos se transforman en el tracto digestivo hasta alcanzar el colon donde adoptan la forma vacuolar y ésta se divide por fisión binaria (Chacón y Durán, 2017).

Existen 17 subtipos de *Blastocystis* spp dependiendo de la especie animal que parasitan, los subtipos del 1 al 9 se encuentran en humanos y algunos los comparten con otros animales, mientras que, del subtipo 10 al 17 se encuentran en animales como primates, roedores, aves, reptiles, serpientes (Wawrzyniak *et al.*, 2013).

Entamoeba histolytica

Entamoeba histolytica es uno de los protozoos más frecuentes en México. La primera descripción de *Entamoeba histolytica* se atribuye a Lambl en 1860. En 1994 se propuso la clasificación, incluyendo el género *Entamoeba* en el phylum Rhizopoda y la clase Entamoebidae, en el orden Entamoebida y la familia Entamoebidae (Ximénez *et al.*, 2007). Sólo una

especie del género *Entamoeba* produce infección en el humano: *Entamoeba histolytica* (Tanyuksel y Petri, 2003). Existen además otras amebas intestinales comensales que se pueden aislar pero que no son patógenas, como lo es *Entamoeba dispar*, *Entamoeba moshkovskii* y *Entamoeba coli* (Rivero, 2013).

Entamoeba histolytica presenta dos formas en su ciclo vital: la fase de quiste y de trofozoíto. Los quistes son estructuras redondeadas de 10 a 16 μm , con una cubierta gruesa y que presenta en su interior 1 a 4 núcleos. El trofozoíto tiene un diámetro de 20 a 40 μm y es móvil, gracias a su ectoplasma que le permite emitir pseudópodos; su núcleo presenta un cariosoma compacto central y cromatina en gránulos uniformes en tamaño y localización (Tanyuksel y Petri, 2003). Se ha confirmado la ausencia de mitocondrias *Entamoeba histolytica*, pero se sabe que la conversión de energía se realiza en el citosol y el ATP se genera sólo por la fosforilación a nivel de sustrato en el citoplasma (Jeelani y Nozaki, 2014).

El ciclo de vida inicia con la ingestión de un quiste infeccioso, el cual por acción de los jugos digestivos libera trofozoitos en el intestino grueso, donde puede desarrollar infección invasora. Al reblandecerse la pared del quiste, se libera el trofozoíto donde termina su proceso de división y da lugar a cuatro trofozoitos metaquísticos, si el trofozoíto continúa avanzando por el colon, inicia su proceso de enquistamiento con la formación de un prequiste mononuclear, esto permite que se inicie un proceso de división celular que da lugar a un quiste tetranuclear y con esto termina la formación de la pared del quiste, el cual es expulsado en la materia fecal (Tanyuksel y Petri, 2003).

Giardia lamblia

Giardia lamblia es un protozoo flagelado cosmopolita que puede manifestarse como un síndrome diarreico agudo, crónico o intermitente (Monis *et al.*, 2009). El primer dibujo microscópico de las características morfológicas que identificaban a *Giardia* fue del médico Vilém Dusan Lambl en 1859, analizó las muestras de materia fecal de un niño y realizó dibujos que tienen una gran similitud con las fotografías modernas de *Giardia Lamblia* (Lipoldová, 2014). Durante mucho tiempo se pensó que era un comensal humano, es en los años 60 cuando existen los primeros reportes que mencionan la capacidad de este protozoario de producir diarreas y síndrome de malabsorción en el hombre (Núñez, 2011).

Giardia lamblia es un protozoo flagelado perteneciente al orden Diplomonadida, familia Hexamitidae. Actualmente, se reconocen 6 especies de *Giardia* con distinta especificidad de hospedadores (Molina y Basualdo, 2008). *Giardia lamblia* es una especie que presenta una gran variabilidad genética, utilizando herramientas moleculares se han caracterizado siete genotipos que se indican con letras (A-B-C-D-E-F-G); se ha demostrado que los genotipos A y B de *Giardia lamblia* producen infección en humanos (Adam, 2001). Este parásito constituye uno de los principales agentes etiológicos de infecciones intestinales del hombre y está presente en forma endémica aun en países desarrollados (Núñez, 2011).

Después de la ingestión de quistes del protozoo y mediante la acción de jugos digestivos se reblandece la pared del quiste liberado a los trofozoitos en el intestino delgado, que permanecen fijados a la mucosa hasta que se produce su bipartición, posteriormente, se forman quistes que caen a la luz intestinal y son eliminados con las heces (Barrón *et al.*, 2010).

***Cryptosporidium* spp**

Cryptosporidium spp produce una infección intestinal en humanos, en personas de todo el mundo, los más susceptibles son los sujetos inmunocomprometidos (Gómez y Aguirre, 2017). En 1907, Tyzzer fue el primero en descubrir el género *Cryptosporidium* al que describió como un organismo similar a un protozoario intracelular llamado *Coccidiasina* (Tyzzer, 1907). Actualmente, *Cryptosporidium* se clasifica como perteneciente a la familia Cryptosporidiidae, suborden Eimeriorina y orden Eucoccidiorida (Levine, 1984). Se han descrito 20 especies dentro del género *Cryptosporidium*, pero *Cryptosporidium parvum* es la especie que se asocia a enfermedad humana, aunque también puede encontrarse en otros hospedadores, ya que no existe una completa especificidad de hospedero (Rodríguez y Royo, 2000).

Cryptosporidium parvum es un protozoo esférico de 4-6 μm de diámetro y es considerado un parásito oportunista con forma esférica o elíptica (Gómez y Aguirre, 2017).

El mecanismo de transmisión es fecal-oral, el parásito tiene un ciclo de vida complejo que incluye etapas asexuales y sexuales; comienza tras la ingestión de agua o alimentos contaminados por ooquistes que viajan a través del tracto digestivo hasta el intestino delgado superior, en donde ocurre la desenquistación y libera esporozoitos, los que penetran en la capa de mucosa y se adhieren a los enterocitos cercanos, formando una vacuola alrededor del parásito, que luego se diferencia en un trofozoíto (Leitch y He, 2011).

La división mitótica del parásito, en este punto, da como resultado un meronte tipo I y la producción de merozoitos. Los merozoitos se parecen a los esporozoitos, éstos se escapan de la vacuola del meronte tipo I y se unen a los enterocitos cercanos, estableciendo ciclos infecciosos asexuales amplificados (Bouزيد *et al.*, 2013).

Alternativamente, la infección por merozoitos puede dar como resultado un meronte tipo II y la producción de merozoitos tipo II. Al igual que con los merozoitos que se originan a partir del meronte tipo I, los merozoitos tipo II escapan para infectar los enterocitos cercanos, produciendo un macrogameto (hembra) o un microgameto (macho), se liberan microgametocitos del microgameto, y cada uno puede fertilizar un macrogameto para formar un cigoto diploide, que se diferencia en un ooquisto (Leitch y He, 2011). Esto constituye el ciclo sexual, cuyo producto final es un ooquiste de pared delgada que se excreta dentro del hospedero y produce autoinfección o un ooquiste de pared gruesa que se excreta en el entorno (Rossle y Latif, 2013).

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión que analice los métodos para la identificación y diagnóstico de las infecciones causadas por protozoarios intestinales.

Métodos para el diagnóstico de protozoarios intestinales

Los métodos para la búsqueda de *Blastocystis* spp, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp son: métodos microscópicos, moleculares e inmunológicos (Dacal *et al.*, 2020; Balsalobre y Alrcón, 2017). La metodología utilizada desde el siglo XIX fue la microscopia; los métodos moleculares como PCR se empezaron a utilizar en la década de los noventa, y los métodos inmunobiológicos son los más recientes, a partir de los inicios del siglo XIX.

Métodos Microscópico

El método más utilizado para detección en muestras de materia fecal es el examen Coproparasitoscópico (CPS), con éste se da un acercamiento en la búsqueda de infecciones parasitarias causadas por parásitos protozoarios como: *Blastocystis* spp, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*; en el caso de *Cryptosporidium* spp se utiliza la tinción de Ziehl-Neelsen y tinción de Kinyoun.

En el caso de las amibas, las especies más encontradas son *Entamoeba histolytica* y *Entamoeba dispar*, especies morfológicamente idénticas. Una característica diagnóstica de

Entamoeba histolytica es la presencia de eritrocitos intracitoplasmáticos, los eritrocitos no siempre son visibles por lo que en ausencia de esta característica diagnóstica se deben reportar como *Entamoeba histolytica / dispar*.

Primero se realiza un CPS en búsqueda de quistes de 10 a 16 μm que posean en su interior 4 núcleos para el caso de quistes maduros, y de 1 a 3 núcleos para quistes inmaduros. Posteriormente se puede realizar tinción tricrómica para identificar trofozoitos de *Entamoeba histolytica / dispar*; los trofozoitos tienen un diámetro de 20 a 40 μm y se identifican por las siguientes características morfológicas: poseen proyecciones citoplasmáticas (pseudópodos), tienen un núcleo, cromatina uniformemente distribuida en la membrana nuclear con un cariosoma central pequeño y el citoplasma es finamente granular con bacterias o desechos (Chávez, 2008).

Para *Blastocystis spp*, a partir del CPS, se realiza una búsqueda de formas vacuolares o de quistes; la forma vacuolar es la más encontrada e identificada, puede medir de 5 μm a 60 μm y está constituida por una gran vacuola central que ocupa una gran porción del espacio intracelular; este cuerpo además refracta ante el microscopio lo cual hace que sea una manera de identificarlo. Los quistes es otra forma de identificar a *Blastocystis spp* a través de CPS, pero requiere mucha experiencia por parte del analista, ya que son cuerpos muy pequeños que miden de 3 a 6 μm y pueden ser confundidos fácilmente entre la materia orgánica en la muestra de la materia fecal (Villalobos *et al.*, 2015).

Para la identificación morfológica de *Giardia lamblia* se realiza una búsqueda de trofozoitos, por lo general son cuerpos que permanecen fijados a la mucosa intestinal y forman quistes que caen a la luz intestinal que son eliminados con las heces, por lo que generalmente lo que se encuentra en un CPS son quistes de *Giardia lamblia* y en ocasiones trofozoitos (Guerrero, 2008).

Para el caso de *Cryptosporidium spp* se realiza la búsqueda de ooquistes en materia fecal, el método microscópico más utilizado es a través de tinción de Kinyoun o Ziehl-Neelsen, éstas se utilizan para poder diferenciar entre ooquistes de *Cryptosporidium spp* y de levaduras presentes en las materias fecales, esto se logra ya que *Cryptosporidium spp* es ácido-alcohol resistentes a diferencia de las levaduras que no lo son (Sánchez *et al.*, 1998).

Para la búsqueda de parásitos protozoarios en muestras de agua es necesario primero realizar filtraciones al agua o floculación, por lo que los autores proponen métodos de filtración y floculación para el estudio de parásitos protozoarios en agua. Posteriormente, a la filtración o floculación se utilizan los métodos microscópicos ya citados dependiendo del parásito que se busca (Hemmati *et al.*, 2015; Gallego *et al.*, 2014).

Existen otros métodos como: sedimentación por centrifugación por flujo continuo, sistema de filtro espumoso comprimido y ultrafiltración sistema filtro de fibra horadada; estos métodos se agruparon ya que están enfocados para una posterior identificación de protozoarios intestinales mediante técnicas inmunobiológicas, a diferencia de los métodos de filtración y floculación que son mencionados por autores que posteriormente identificaron con técnicas microscópicas y moleculares.

El método de filtración de agua consiste en recolectar de 15 a 20 litros de agua, que se filtran a través de un filtro de acetato de celulosa, posteriormente debe ser lavado con *Tween* 80, se vuelve a filtrar por gasas, se centrifuga y al sedimento se coloca solución salina para después realizar análisis microscópicos o métodos moleculares. El método de floculación consiste en una combinación de reactivos que aumentan la densidad de los parásitos de manera que éstos precipiten, lo que permite análisis microscópicos e inmunobiológicos (Gallego *et al.*, 2014). Los reactivos que se utilizan son cloruro de calcio (CaCl_2), bicarbonato de sodio (NaHCO_3), ajustando el pH a 10 (Mora *et al.*, 2010).

Métodos moleculares

Los métodos moleculares han innovado el diagnóstico parasitológico ya que representan un método alternativo a los métodos convencionales y poseen la ventaja que tienen una elevada sensibilidad y especificidad (Balsalobre y Alarcón, 2017).

El primer paso para los métodos moleculares es obtener el material genómico de los microorganismos presentes en una muestra, para esto es necesario realizar extracción de DNA, éste es un paso previo importante para la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), debido a que entre más material genómico y de mejor calidad se extrae hay probabilidades de obtener mejores resultados en los análisis por PCR (Yoshikawa *et al.*, 2011). De tal manera que es necesario seleccionar el método de extracción más adecuado para cada tipo de muestra, ya sea fecal, de agua o de alimentos. En el caso de muestras de materia fecal y de agua hay métodos de extracción en los que se utilizan equipos o kits comerciales, diseñados por diferentes distribuidores. También hay métodos de extracción generales como el de fenol-cloroformo, pero con modificaciones en el amortiguador de lisis, estos métodos de extracción se organizan por tipo de muestra y autor en la Tabla 1.

Tabla 1. Métodos para la extracción de DNA en muestras fecales y de agua

Tipo de muestra	Método	Autor
Heces fecales	Método de fenol – cloroformo con modificaciones en el buffer	Rivera <i>et al</i> , 1996
	Kit ZR Fecal DNA (Zymo Research) QIAamp DNA Stool Mini Kit (Qiagen)	Yoshikawa <i>et al</i> , 2011
	Método de fenol – cloroformo – alcohol isoamílico	Cardona <i>et al</i> , 2013
	Método de fenol – cloroformo Kit de DNA IQTM Casework Sample	Sandoval, 2014
	Método de arena	Karasartova <i>et al</i> , 2018
Agua	Kit UltraClean Water DNA Isolation	Leelayoova <i>et al</i> , 2008
	Método de CTAB/PVP con modificaciones	Muñiz <i>et al</i> , 2009
	Método de fenol – cloroformo	Hemmati <i>et al</i> , 2015

Hay una gran variedad de kits comerciales para la extracción de DNA en muestras de materia fecal. Se han evaluado los cinco kits comerciales mas utilizados para la extracción de DNA en muestras de materia fecal: QIAamp DNA Stool Mini Kit (Qiagen), MagNA Pure LC DNA Isolation Kit I (Roche), ZR Fecal DNA Kit (Zymo Research), QuickGene SP Kit DNA (FujiFilm), NucleoSpin Plant II (Macherey-Nagel), éstos se evaluaron por la cantidad de muestras positivas por PCR que obtuvo cada kit.

Los kits que obtuvieron mayor número de muestras positivas por PCR fueron: ZR Fecal DNA Kit (Zymo Research) con 94% de muestras positivas, seguido de QIAamp DNA Stool Mini Kit (Qiagen) con 48% de muestras positivas (Yoshikawa *et al.*, 2011).

La técnica de fenol-cloroformo es un método que se utiliza con mayor frecuencia para la extracción de DNA en muestras materia fecal, sin embargo, se han realizado modificaciones, principalmente en el contenido de la solución de lisis (Rivera *et al.*, 1996), utilizando un amortiguador de lisis con las siguientes concentraciones: EDTA 5 mM, proteinasa K 0.3 mg/ml, Tris-base 50 mM, SDS 1% a pH 8. Este buffer permite una mayor eficiencia en los resultados obtenidos en la extracción de DNA en muestras de materia fecal, a los que posteriormente se les realizará búsqueda de protozoarios intestinales por PCR (Rivera *et al.*, 1996).

En el caso de las muestras de agua, no hay descripción en la literatura de algún método o kit comercial que tenga mayor especificidad, no obstante, diferentes autores han utilizado los métodos de fenol-cloroformo, CTAB/PVP (Bromuro de hexadeciltrimetilamonio / polivinilpirrolidona), con modificaciones y el kit UltraClean Water DNA Isolation (MO BIO Laboratories), mostrando resultados positivos en la detección por PCR (Rivera *et al.*, 1996).

La PCR permite la identificación de parásitos, al amplificar una secuencia específica de DNA. Existe una amplia variedad de métodos de PCR para la detección de protistas entéricos, como PCR convencional, anidadas, semianidadas, multiplex, en tiempo real, asociada al análisis del polimorfismo de longitud de fragmentos de restricción (PCR-RFLP) y basadas en mecanismos de amplificación isotérmica (PCR-LAMP) (Dacal *et al.*, 2020).

Las PCR anidadas y semianidadas se utilizan tanto para la detección, como para la genotipificación de patógenos protozoarios. La PCR multiplex, debido a la rapidez, están diseñadas para fines diagnósticos para laboratorios clínicos (Balsalobre y Alarcón, 2017).

El método de amplificación isotérmica mediada por un loop (LAMP), inicialmente fue diseñada para emplearse como técnica para estudios epidemiológicos bajo condiciones adversas y no suele ser una opción práctica en el laboratorio clínico (Dacal *et al.*, 2020).

La PCR convencional suele ser utilizada en laboratorios de investigación, algunos primeros utilizados en PCR convencional (Villalobos *et al.*, 2015) permiten la genotipificación, en este caso de *Blastocystis* spp por los subtipos 1, 2, 3 y 7, pero generalmente para una genotipificación más específica es necesario secuenciar los amplicones y, a través de métodos bioinformáticos, se puede genotipificar al parásito en estudio (Pestechian *et al.*, 2014; Hemmati *et al.*, 2015).

Diferentes autores (Haque *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2004) han utilizado PCR multiplex con resultados favorables, utilizaron primers para diferentes genes dependiendo

del protozoo, a diferencia de otros que utilizaron primers para el gen 18S rDNA, pero seleccionando una región específica por protozoo (Jeong *et al.*, 2016).

La PCR multiplex es un método práctico y rápido, ya que puede diagnosticar varios protozoos por PCR (Haque *et al.*, 2007). En la modalidad PCR multiplex en tiempo real se agrega una secuencia con fluoróforos, lo que permite cuantificar los resultados, esto permite realizar la amplificación y la detección en un mismo paso, ya que correlaciona el producto de la PCR de cada uno de los ciclos con una señal de intensidad de fluorescencia (Jeong *et al.*, 2016).

La PCR multiplex posee características como alta especificidad, amplio rango de detección y rapidez en la visualización del producto (Haque *et al.*, 2007).

En el caso de muestras de agua, primero se debe realizar el método de filtración, posteriormente la extracción de DNA y finalmente la PCR convencional o multiplex. Cuando hay que analizar diferentes tipos de muestras, como alimentos o suelo contaminado es recomendable utilizar PCR convencional, acompañado de un análisis bioinformático previo para conocer si los primers no se cruzan con secuencias encontradas en una nueva muestra por analizar, esto se corrobora realizando un alineamiento por el método de BLAST (Herramienta básica de búsqueda de alineación local), el cual se puede realizar en plataformas como NCBI y softwares como MEGA, Clustalx o SeaView. Este análisis permite obtener resultados de porcentaje de identidad entre las secuencias alineadas.

Si se tiene cuidado de estas características la PCR convencional puede ser el método molecular más accesible para laboratorios de investigación y diagnóstico.

Métodos inmunobiológicos

En los últimos años, se han realizado importantes avances en el estudio de la respuesta inmune, que ha permitido el avance en los sistemas de detección inmunobiológicos, entre ellos los métodos de detección de coproantígenos (Rodríguez y Rivera, 2011).

Los coproantígenos son productos específicos de un parásito que se eliminan en las heces del paciente y que son susceptibles de ser detectados por técnicas inmunobiológicas, las que se basan en la especificidad de las reacciones antígeno-anticuerpo. La inmunodetección de coproantígenos utiliza anticuerpos monoclonales o policlonales que reconocen específicamente los productos eliminados por los parásitos que invaden el intestino del humano (Balsalobre y Alarcón, 2017). En la Tabla 2 se muestran las técnicas inmunobiológicas más citadas en el diagnóstico de protozoarios intestinales.

No hay reportes de métodos inmunobiológicos que permitan tipificar parásitos protozoarios, ya que aún no se profundiza la investigación de antígenos particulares por subtipo de parásito.

Tabla 2. Pruebas inmunobiológicas para el diagnóstico de *Blastocystis* spp, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp

Método	Protozoo	Kit	Autor
ELISA	<i>Blastocystis</i> spp	Copro ELISA Blastocystis (Eagle Biosciences)	Dogruman <i>et al.</i> , 2015
	<i>Entamoeba histolytica</i>	CELISA Path (Cellabs)	García y Rodríguez, 2007
	<i>Giardia lamblia</i>	Giardia 2nd Generation ELISA (AccuDiag)	Rivera, 1996
	<i>Cryptosporidium</i> spp	Cryptosporidium microplate assay (IDEXX)	Mohammed <i>et al.</i> , 2018
Inmunofluorescencia	<i>Blastocystis</i> spp	Blasto-Fluor (Antibodies Inc.)	Dogruman <i>et al.</i> , 2015
	<i>Cryptosporidium</i> spp	Giardia-CEL (Cellabs)	McHardy <i>et al.</i> , 2014
	<i>Giardia lamblia</i>	Crypto-CEL (Cellabs)	

CONCLUSIONES

Las técnicas que se utilizan para el estudio de los parásitos intestinales se van renovando a través del tiempo, de tal manera que cada vez son más sensibles. El conocimiento de estas técnicas permite mejorar el estudio de protozoarios.

El estudio de los parásitos a través de microscopía de luz es un método que no es muy sensible, requiere de experiencia por parte del analista, sin embargo, representan el primer acercamiento para conocer y aprender sobre la morfología de los parásitos intestinales.

Los métodos moleculares son técnicas que se han vuelto indispensables para el estudio de las parasitosis intestinales, por lo que generar información nueva y organizar la información ya existente permite identificar cuál es la técnica que se deberá implementar dependiendo del tipo de muestra.

Los métodos inmunobiológicos son técnicas sensibles que pueden mejorar los diagnósticos en los laboratorios clínicos. En un laboratorio de investigación su uso es favorable como método de detección rápida, además que pueden apoyar como prueba control de los resultados de la microscopía y la PCR.

El análisis genético de *Blastocystis spp*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium spp* ha arrojado nueva información respecto a su ubicación taxonómica, subclasificación y epidemiología, incluyendo modos de transmisión y prevalencia. Por lo que los métodos propuestos pueden confirmar la persistencia de las parasitosis intestinales como un importante problema de salud pública y contribuir a la comprensión de diferentes factores ambientales que participan en su transmisión.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, R. D. (2001). Biology of *Giardia lamblia*. *Clin Microbiol Rev*, (14): 447- 475.
- Balsalobre, L. Alarcón T. (2017). Diagnóstico rápido de las infecciones del tracto gastrointestinal por parásitos, virus y bacterias. *Enferm Infecc Microbiol Clin*, 53(6): 367-376.
- Barrón, M. P., Rodríguez, R. G. Quiñones, Y. (2010). Inhibición del crecimiento de *Giardia Lamblia* por acción del extracto acuoso y metanólico de semillas de *Cucurbita Pepo*. *Rev Iber Inv Des Educ*, 1(1): 1- 17.
- Bouzig, M., Hunter, P. R., Chalmers, R. M. Tyler, K. M. (2013), *Cryptosporidium* pathogenicity and virulence. *Clin Microbiol Rev*, 26(1): 115-134.

- Campos, J. M., Bustos-Martínez, J., Martínez, I., Monroy, M. C., Hamdan-Partida, A. (2018). Detection and typing of *Blastocystis* spp. in oysters (*Crassostrea virginica*) collected in Actopan River, Chachalacas, Veracruz. *Int J Fish Aquat Stu*, 6(2): 511-514.
- Cardona, E., Castañeda, S., Álvarez, M. E., Pérez, J. E., Rivera, F. A., López, G. A. (2014). Comparación de métodos convencionales y moleculares para la detección de *Giardia lamblia* en heces humanas. *Rev Luna Azul*, 1(38): 159-170.
- Chacón, N., Durán, C., de la Parte M. A. (2017). *Blastocystis* sp. en humanos: actualización y experiencia clínico-terapéutica. *Bol Ven de Infectol*, 1(28): 5-14.
- Chávez, E. (2008). Diagnóstico de protozoarios intestinales frecuentes en niños. *Rev. Soc Boliv Pediatr*, 47(3): 169-177.
- Dacal, E., Köster, P. C., Carmena, D. (2020). Diagnóstico molecular de parasitosis intestinales. *Enferm Infecc Microbiol Clin*, 38(1): 24-31.
- Dhurga, D. B., Suresh, K. G., Tan, T. C. Chandramathi, S. (2012). Apoptosis in *Blastocystis* spp. is related to subtype. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 106(1): 725-730.
- Dogruman, F., Turk, S., Adiyaman, G., Hananel, A., Levi, L., Kopelowitz, J., Babai, O., Gross, S., Greenberg, Z., Herschkovitz, Y., Mumcuoglu, I. (2015). A novel ELISA test for laboratory diagnosis of *Blastocystis* spp. in human stool specimens. *Parasitol Res*, 114(2): 495-500.
- Gallego, L. M., Heredia, H. L., Salazar, J. J., Hernández, M., Naranjo, M. M., Suárez, B. L. (2014). Identificación de parásitos intestinales en agua de pozos profundos de cuatro municipios. Estado Aragua, Venezuela 2011-2012. *Rev Cubana Med Trop*, 66(2):164-173.
- García, L., Rodríguez, M. (2007). Técnica de ELISA para la detección de *Entamoeba histolytica* en heces. *Enferm Infecc Microbiol Clin*, 25(10): 655-658.
- Gómez, J. N., Aguirre, M. (2017). Criptosporidiosis. *Rev Ciencia*, 68(1): 22-25.
- Guerrero, M. T., Hernández, Y., Rada, M. E. Aranda, A., Hernández, M. I. (2008). Parasitosis intestinal y alternativas de disposición de excreta en municipios de alta marginalidad. *Rev Cub Salud Publica*, 34(2): 1-10.
- Guillen, A., González Gallego, L., Suárez, B., Heredia, H. L., Hernández, T., Naranjo, M., Salazar, J. C. (2013). Presencia de protozoarios intestinales en agua de consumo en la comunidad 18 de mayo. Estado Aragua-Venezuela, 2011. *Bol Malarial Salud Ambient*, 53(1): 29-36.
- Haque, R., Roy, S., Siddique, A., Mondal Rahman, S., Mondal, D., Houpt, E., Petri, W. (2007). Multiplex real-time PCR assay for detection of *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis*, and *cryptosporidium* spp. *Am J Trop Med Hyg*, 76(4): 713-717.

- Hemmati, A., Hooshmand, E., Hosseini, M. J. (2015). Identification of *Entamoeba histolytica* by Molecular Method in Surface Wate of Rasht City, IranIran. *J Public Health*, 44(2): 238-243.
- Jeelani, G., Nozaki, T. (2014). Metabolic analysis of Entamoeba: applications and implications. *Curr Opin Microbiol*, 1(20): 118-124.
- Jeong, E., Hyun, S., Jung, S., Hee, J., Pal, S., Yil, J., Wook, D., Geun, M. (2016). Multiplex Real-Time PCR Assay Targeting Eight Parasites Customized to the Korean Population: Potential Use for Detection in Diarrheal Stool Samples from Gastroenteritis Patients. *Plos One*, 11(11): 1-14.
- Karasartova, D., Gureser, A.S., Gokce, T., Celebi, B., Yapar, D., Keskin, A. (2018). Bacterial and protozoal pathogens found in ticks collected from humans in Corum province of Turkey. *PloS Negl Trop Dis*, 12(4): 223.
- Lacoste, E., Rosado, F. M., Núñez, F. A., Rodríguez, M. S., Medina, I. C., Suárez, R. (2012). Aspectos epidemiológicos de las parasitosis intestinales en niños de Vegón de Nutrias, Venezuela. *Rev Cubana Hig Epidemiol*, 50(3): 330-339.
- Leelayoova, S., Siripattanapipong, S., Thathaisong, U., Naaglor, T., Taamasri, P., Piyaraj Mungthin M. (2008). Drinking Water: A Possible Source of *Blastocystis* spp. Subtype 1 Infection in Schoolchildren of a Rural Community in Central Thailand. *Am J Trop Med Hyg*, 79(3): 401-406.
- Leitch, G. J., He, Q. (2011). Cryptosporidiosis-an overview. *J. Biomed. Res*, 25(1): 1-16.
- Levine, N. D. (1984). Taxonomy and review of the coccidian genus *Cryptosporidium* (Protozoa, Apicomplexa). *J Protozool*, 31(1): 94-98.
- Lipoldová, M. (2014). Giardia and Vilém Dusan Lambl. *Trop Dis*, 8(5): 1-4.
- Muñiz, H., Mondragón, F. (2009). Toxoplasma gondii, un patógeno Asesino re-emergente. *Rev Educ Bioquímica*, 28(2): 52-58
- McHardy, I. H., Wu, M., Shimizu, R., Courturier Humphries, R. M. (2014). Detection of intestinal protozoa in the clinical laboratory. *J Clin Microbiol*, 2(3): 712-720.
- Menocal, L. T., Caraballo, Y. I. (2014). Importancia de la vigilancia sanitaria de los parásitos en la calidad del agua, según su uso. *Rev Cubana Hig Epidemiol*, 52(2): 196-209.
- Mohammed, H. Y., Magboul, A. M., Suliman, M. A. (2018). Investigation of *Cryptosporidium* Species Antigen by ELISA Method in Stool Specimens Obtained from patients with Diarrhoea in Kosti Teaching Hospital, White Nile State, Sudan. *Eur J Acad Res*, 6(1): 11-22.
- Molina, N. B., Basualdo, J. A. (2008). *Temas de Zoonosis IV*. Buenos Aires, Argentina: Ed Asociación Argentina de Zoonosis Buenos Aires.

- Monis, P. T., Caccio, S. M., Thompson, R. A. (2009), Variation in *Giardia*: towards a taxonomic revision of the genus. *Trends Parasitol*, 25(2): 93-100.
- Mora, L., Martínez, I., Figuera, L., Segura, M., Del Valle, G. (2010). Protozoarios en aguas superficiales y muestras fecales de individuos de poblaciones rurales del municipio Montes, estado Sucre, Venezuela. *Rev Invest Clin*, 51(4): 457-466.
- Muhammad, D. A., Mohamed, A., Wahid, Y.A., Usman, M. (2013). Crypto-*Giardia* antigen rapid test versus conventional modified Ziehl-Neelsen acid fast staining method for diagnosis of cryptosporidiosis. *Asian Pac J Trop Dis*, 6(3): 212-215.
- Núñez, F. (2011). *Giardia lamblia*. En: *Microbiología y Parasitología Médicas* (31-38). 1a ed. Cuba: Editorial de Ciencias Médicas.
- Pérez, G., Rosales, M. J., Valdez, R. A., Vargas, F., Cordova, O. (2008). Detección de parásitos intestinales en agua y alimentos de Trujillo, Perú. *Rev Perú Med Exp*, 25(1): 144-148.
- Pestechian, N., Rasekh, H., Rostami, M., Ali, H., Hosseini, A. (2014). Molecular identification of *Giardia lamblia*; is there any correlation between diarrhea and genotyping in Iranian population? *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*, 7(3): 168-172.
- Rivera, W. L., Tachibana, H., Silva, M. A., Uemura, H., Kanbara, H. (1996). Differentiation of *Entamoeba histolytica* and *E. dispar* DNA from cysts present in stool specimens by polymerase chain reaction: its field application in the Philippines. *Parasitol Res*, 82(7): 585-589.
- Rivero, Z. (2013). Detección de *Entamoeba moshkovskii* en humanos: un nuevo problema diagnóstico en la amibiasis. *Kasmera*, 41(1): 42-49.
- Rodríguez, C., Rivera, M. (2011). ELISA y técnica de sedimentación espontánea para el diagnóstico de infección por *Giardia lamblia* en muestras fecales de niños de Perú. *Salud Pública de Mex*, 53(6): 516-519.
- Rodríguez, J. C., Royo, G. (2000). *Cryptosporidium* y criptosporidiosis. Control Calidad SEI-MC, 1-7. Recuperado de: <https://www.seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/parasitologia/crypto.pdf>. (Consultado: 19/09/2020).
- Romero J., López, M. A. (2020). Parasitosis intestinales. AEPED. Recuperado de: <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/parasitosis.pdf> (Consultado: 19/09/2020).
- Rossle, N. F., Latif, B. (2013). Cryptosporidiosis as threatening health problem: A review. *Asian Pac J Trop Biomed*, 3(11): 916-924.
- Sandoval, M. (2014). Evaluación prospectiva de linajes de *Trypanosoma cruzi* octodondegus naturalmente infectados. Recuperado de: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/131909>

- Sánchez, M., Rodríguez, J., Canut, A., Dovigo, C. (1988). The detection of *Cryptosporidium* spp. In the feces of a preschool population: a comparison of 5 staining methods. *Rev Clin Esp*, 192(2): 63-66.
- Shirley, D. T., Farr, L., Watanabe, K., Moonah, S. (2018). A Review of the Global Burden, New Diagnostics, and Current Therapeutics for Amebiasis. *Open Forum Infect*, 5(7): 1-9.
- Tanyuksel, M., Petri, W. (2003). Laboratory Diagnosis of Amebiasis. *Clin Microbiol Rev*, 16(4): 713-729.
- Tyzzer, E. (1907). A sporozoon found in the peptic glands of the common mouse. *Proc Soc Exp Biol Med*, 5(1): 12-13.
- Villalobos, D., López, A., Frutos, J. (2015). Estudio comparativo de tres métodos coproparasitoscópicos en el diagnóstico de parasitosis intestinales. *Rev San mil Mex*, 69(4): 330-335.
- Walter, Q. B., Querales, L. J. (2008), Parásitos protozoarios entéricos en ambientes acuáticos: Métodos de concentración y detección. *Interciencia*, 33(6): 418-423.
- Wang, Z., Vora, G. J., Stenger, D. A. (2004). Detection and genotyping of *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba dispar*, *Giardia lamblia*, and *Cryptosporidium parvum* by oligonucleotide microarray. *J Clin Microbiol*, 42(7): 3262-3271.
- Wawrzyniak, I., Poirier, P., Viscogliosi, E., Dionigia, M., Texier, C., Delbac, F., Alaoui, H. (2013). *Blastocystis*, an unrecognized parasite: an overview of pathogenesis and diagnosis. *Ther Adv Infect Dis*, 1(5): 167-178.
- World Health Organization (WHO). (2007). *Guidelines for drinking water quality. Addendum: Microbial agents in drinking water*. 2a. ed., Switzerland.
- Ximénez, C., Morán, P., Ramos, F. (2007). Amibiasis intestinal: estado actual del conocimiento. *Med Int Mex*, 23(5): 398-407.
- Yoshikawa, H., Dogruman, F., Turk, S., Kustimur, S., Balaban, N., Sultan, N. (2011). Evaluation of DNA extraction kits for molecular diagnosis of human *Blastocystis* subtypes from fecal samples. *Parasitol Res*, 4(109): 1045-1050.

Mercado global-efectos locales: Un análisis coyuntural sobre el COVID-19, conflictos bélicos y cambio climático 2020-2022

Robert Cárcamo Mallen¹, Adolfo Álvarez Macías^{2*},
Claudia Coral¹ y Víctor Manuel Santos Chávez³

Resumen. *En este ensayo se examinan los eventos que han perturbado la dinámica del sistema agroalimentario en los últimos años, como los efectos del cambio climático y otros en apariencia coyunturales, como el COVID 19 y la invasión de Rusia a Ucrania. De ello, se han derivado dos tendencias críticas: i) el aumento de los precios en granos básicos, debido al alto costo de insumos como fertilizantes, transporte y energéticos y, ii) el incremento de personas en pobreza e inseguridad alimentaria, revirtiendo los avances logrados lenta, pero sostenidamente en las últimas décadas. Por ello, se hace necesario repensar el modelo de desarrollo económico mundial y, en especial, cómo avanzar hacia un sistema agroalimentario global más eficiente, sustentable, equitativo y resiliente.*

Palabras clave: COVID 19, Cambio climático, Crisis alimentaria, Inseguridad alimentaria.

Abstract. *The essay examines the events that have disrupted the dynamics of the agri-food system in recent years, such as the effects of climate change, the COVID 19, and Russia's invasion of Ukraine. As a result, two critical trends are affecting the agri-food systems: i) an increase in commodity prices due to increased transport, fertilizer, and energy costs and; ii) an increase in the population living in poverty and food insecurity, reversing the progress made slowly but steadily*

¹ Departamento de Economía Agrícola de la Universidad Humboldt de Berlín, 10117 Berlín, Alemania, e-mail: carcamor@hu-berlin.de y claudia.coral@hu-berlin.de

² Departamento de Producción Agrícola y Animal (DPAA), Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, Ciudad de México, México, e-mail: aalvarez@correo.xoc.uam.mx

³ Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, e-mail: vsantoschavez@gmail.com

* Autor de correspondencia: aalvarez@correo.xoc.uam.mx

in recent decades. Therefore, it is necessary to rethink the global economic development model and, in particular, how to move towards a more efficient, sustainable, equitable, and resilient global agri-food system.

Key words: *COVID 19, Climate change, Food crisis, Food insecurity.*

INTRODUCCIÓN

Los mercados nacionales agroalimentarios han observado una interrelación cada vez más estrecha con el mercado global como parte del proceso de globalización. Los aumentos en la demanda de alimentos en países en rápido proceso de industrialización, como China, frente a una oferta poco elástica; los múltiples procesos especulativos y otros factores estructurales, como los variados efectos del cambio climático han alterado la dinámica de estos mercados agroalimentarios que, en parte, se expresa en la volatilidad de los precios agrícolas. Recientemente, se han sumado otros eventos en apariencia coyunturales, como la pandemia de COVID-19 y, más recientemente, la invasión de Rusia a Ucrania, que en conjunto han conformado un coctel que ha llevado a la mayoría de los precios agrícolas a niveles inéditos durante el periodo de 2020 a 2022. En consecuencia, estos acontecimientos han generado una desestructuración del sistema agroalimentario mundial (SAM), como se trata de documentar en este ensayo.

En ese entorno, la seguridad alimentaria es entendida como el acceso permanente de las personas a los alimentos necesarios para una vida activa y saludable. Por tanto, la seguridad alimentaria en un hogar depende del acceso suficiente a los alimentos, tanto en cantidad como en calidad, para satisfacer sus requerimientos alimentarios durante todo el año. Este acceso está supeditado a la relación entre ingresos y costo de la canasta básica alimentaria, por lo que es trascendente monitorear la evolución de ambas variables en un ambiente caótico y sin expectativas de estabilización en el corto plazo, como el que se experimenta en este 2022. Por ello, en este ensayo se examinan las consecuencias preliminares de estas variables, con énfasis en los países y estratos sociales menos desarrollados. Para llevarlo a cabo, se revisaron fuentes oficiales de organismos internacionales y nacionales especializados, bajo el criterio de que fueran lo más recientes y se dispusiera de datos que muestren las tendencias actuales.

El tratamiento de este análisis se procesa en tres tiempos: primero, se precisan algunos aspectos del contexto que han incidido en la dinámica actual de los mercados agroalimentarios. En un segundo, se estudian los precios de productos agrícolas se-

leccionados que tienen relevancia en la canasta básica alimentaria de los países. En un tercer espacio, se aportan cifras de cómo ha evolucionado el porcentaje de población que se encuentra en inseguridad alimentaria para, por último, proponer, a manera de conclusión las principales perspectivas en el corto plazo sobre la seguridad alimentaria y las tendencias de los mercados agroalimentarios.

Elementos clave del contexto internacional agroalimentario

Los mercados agrícolas han gozado de cierta estabilidad en lo que va del tercer milenio, sin embargo, cada vez son más frecuentes los factores de choque derivados de un proceso de globalización que se ha trastocado y que se combina con un proceso de regionalización de los mercados. Desde esa lógica, se han alterado tanto la oferta como la demanda de los productos agroalimentarios por factores directos, como las pérdidas de cosecha por inundaciones, sequías u otros eventos extremos que derivan de los efectos cada vez más contundentes del cambio climático. Otros factores también han impactado el comportamiento de los precios agrícolas, como las cotizaciones de las fuentes de energía o las tensiones en las relaciones internacionales y la pandemia del COVID-19. Hasta el 12 de junio de 2022 el COVID-19 había implicado la infección de 535,3 millones de personas y alrededor de 6,318,385 fallecimientos (OMS, 2022). Al margen de la gravedad que reflejan estas cifras, *las restricciones a la movilidad, los confinamientos y otras medidas de salud pública necesarias para enfrentar la pandemia dieron lugar a la mayor crisis económica mundial en más de 100 años. En 2020, la actividad se redujo en 90% de los países, la economía mundial se contrajo alrededor de 3% y la pobreza aumentó en todo el mundo por primera vez en una generación* (World Bank, 2022a).

Otro factor que está agitando la economía mundial es la invasión de Rusia sobre Ucrania que, en el caso de los mercados agrícolas y de hidrocarburos, ha terminado por generar volatilidad en el mercado global. En efecto, estos dos países han desempeñado un papel crucial en la producción y el comercio de alimentos y materias primas en el mundo. Así, por ejemplo, las exportaciones de productos energéticos de Rusia, Ucrania y Belarús representan 12% de las importaciones mundiales, mientras que en el caso de los productos mineros esta proporción aumenta a 27% (CEPAL, 2022). Además, Rusia es el mayor exportador mundial de trigo, mientras que Ucrania ocupa el quinto sitio en el mismo rubro. En conjunto, estos dos últimos países proporcionan 19% del suministro de cebada, 14% del trigo y 4% del maíz del mundo y representan más de un tercio de las exportaciones mundiales de cereales (FAO, 2022).

En América Latina, las importaciones desde Rusia y Ucrania representan 88% de las compras extrarregionales de fertilizantes minerales. También proceden de ese mercado altos porcentajes de las importaciones regionales de aluminio (35%) y de placas de caucho isopreno (76%) y de caucho butadieno (21%) (CEPAL, 2022; FAO, FIDA, OPS, WFP y UNICEF, 2021).

En este escenario restrictivo se ha minado, tanto la oferta de productos agrícolas como la demanda agroalimentaria, y también se han generado distorsiones en otros mercados como el de los hidrocarburos y transportes que han terminado por convulsionar los mercados agrícolas. Al respecto, resulta ilustrativo que, en los últimos 20 años, la tasa compuesta de crecimiento anual del comercio marítimo ha sido de 2.9%, pero la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2021) ha previsto que durante el período 2022-2026 se sitúe en torno a 2.4 por ciento.

El cambio climático es otro factor que está afectando desmesuradamente a las regiones con inseguridad alimentaria, poniendo en peligro la producción agrícola y ganadera, las poblaciones de peces y la pesca. Además, la demanda creciente de productos agrícolas puede presionar hacia una competencia más intensa por los recursos naturales, un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y mayor grado de deforestación y degradación de la tierra (FAO, 2017). En efecto, en el año 2021 se expresaron los peores extremos climáticos en décadas en algunas zonas, exponiendo a los hogares agrícolas y pastores a pérdidas de cosechas y de ganado, provocando nuevos desplazamientos de población (FAO, 2022). Los choques climáticos y sus efectos sobre los medios de vida, cultivos e infraestructura socavan la capacidad de las personas para alimentarse, y han desplazado a 30 millones de personas de sus hogares en todo el mundo en 2020. Además, existen condiciones erráticas, como el fenómeno de La Niña en este 2022, que conllevan un riesgo elevado de que se produzca una secuencia de dos años de sequías, especialmente en África Oriental y Central (ACNUR, 2022; FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF, 2021).

El conflicto sigue siendo el principal impulsor del hambre, ya que 60% de las personas que padecen hambre en el mundo viven en zonas asoladas por la guerra y la violencia. Los acontecimientos que se desarrollan en Ucrania son una prueba más de cómo el conflicto promueve la inseguridad alimentaria y sus repercusiones a nivel global (WFP, 2022). En efecto, los conflictos, las crisis y las catástrofes naturales aumentan en número e intensidad, reducen la disponibilidad de alimentos, interrumpen el acceso a la alimentación y a la atención sanitaria y socavan los sistemas de protección social, empujando a muchas personas afectadas a caer en la pobreza y el hambre, alimentan las migraciones de emergencia y aumentan la necesidad de ayuda humanitaria. Los

conflictos violentos también suelen caracterizar las crisis prolongadas. Por término medio, la proporción de personas desnutridas que viven en países de bajos ingresos con una crisis prolongada es entre 2.5 y 3 veces mayor que en otros países de bajos ingresos (FSIN and Global Network Against Food Crises, 2022; WFP y FAO, 2022).

No se puede obviar, por otra parte, que los núcleos de los sistemas alimentarios han mostrado una clara tendencia a una intensificación en términos de capital, con procesos de integración vertical desventajosos para los eslabones más débiles y con una clara estructura oligopólica que se ha pronunciado progresivamente. Esto se aprecia desde la producción de insumos y bienes de capital, pasando por la industrialización y la distribución de alimentos. Los pequeños productores y jefes de hogares sin tierra, en la mayoría de los casos, han quedado subordinados económica y tecnológicamente, por lo que suelen buscar oportunidades de empleo en otros sectores de la economía. Esto está reforzado los flujos migratorios, especialmente de los hombres de los hogares rurales, lo que consecuentemente se ha expresado en una mayor *feminización* de la agricultura en muchos países en vías de desarrollo (FAO, 2017).

En este contexto, se ha observado que el nivel de ingresos promedio y, en especial, los que corresponden a la porción de la población mundial más pobre han progresado lentamente,⁴ por lo que resulta que el poder de compra de amplias capas de la población mundial se deterioró seriamente, especialmente la población rural y, principalmente para aquellas familias que dependen del mercado para su abasto alimentario. Otra parte de las familias, las que están vinculadas a la producción agropecuaria, y que dependen del autoabastecimiento para su seguridad alimentaria, posiblemente han padecido menos problemas, aunque las cotizaciones de los insumos como los agroquímicos y los combustibles también han experimentado alzas considerables durante 2021 y 2022, impactando sobre los costos de producción de los agroalimentos.

El sector agrícola y alimentario ha demostrado una gran resiliencia ante la pandemia mundial del COVID-19, en comparación con otros sectores de la economía y, a pesar de todas las complicaciones, se ha mostrado dinámico (OECD y FAO, 2021; McDermott

⁴ Por ejemplo, el Banco Mundial ha estimado que la tasa de desempleo en el mundo pasó de 5.4% en 2019 a 6.6% en 2020 y a 6.2% en 2021. Este último valor coincide con el registrado en 2003, que había sido el más alto de este siglo (World Bank, 2022a). Del mismo modo, La Organización Internacional del Trabajo ha estimado que en los cuatro años anteriores a la pandemia de COVID-19 (2016-2019), el crecimiento del salario en el mundo osciló entre el 1.6 y 2.2%; al excluir a China de la muestra, la fluctuación del crecimiento del salario real en ese periodo fue inferior: de entre el 0.9 y 1.6%.

y Swinnen, 2022). Sin embargo, la desestabilización de los mercados agroalimentarios ha incidido sobre una notable tendencia alcista de los precios, como se muestra en el siguiente apartado.

Los precios agrícolas internacionales: Análisis coyuntural 2017-2022

A nivel mundial, el impacto de la pandemia del COVID-19 en los mercados de cereales durante el segundo semestre de 2020 fue moderado. Sin embargo, conforme las medidas de restricción se acentuaron, se observaron cuellos de botella logísticos y restricciones temporales a las exportaciones, lo que provocó que los precios internacionales de los cereales se incrementaran bruscamente. Esto contribuyó a elevar la inflación de los alimentos en muchos países, sobre todo en los más afectados por las crisis económica y sanitaria.

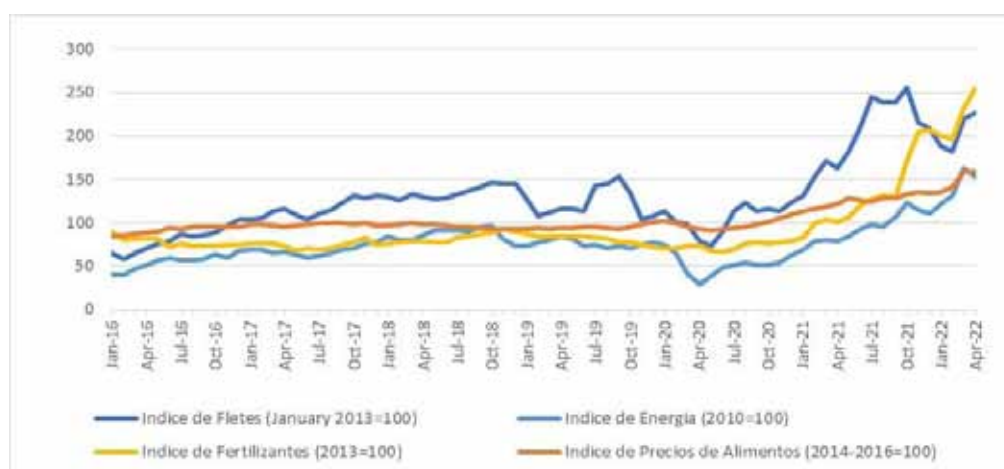
La pandemia también desencadenó una fuerte caída en la demanda mundial de varios productos básicos, especialmente petróleo crudo, sin embargo, los precios de los productos básicos se recuperaron rápidamente a medida que la demanda se recobró y la oferta tardó en responder debido a limitaciones de capacidad y cuellos de botella en las cadenas productivas.

Entre 2020 y 2022, la transición de los combustibles fósiles a las fuentes de energía sin carbono agregó otra dimensión a las incertidumbres que han sacudido los mercados de productos básicos en los últimos meses. Se espera que la demanda de combustibles fósiles se mantenga estable o disminuya en las próximas décadas, mientras que la demanda de metales probablemente aumente debido a una demanda creciente como insumos en la infraestructura de energía renovable (World Bank, 2022a).

En 2022, la guerra en Ucrania provocó más irrupciones en los mercados de productos alimenticios básicos y patrones de comercio con costos suplementarios, con una importante desviación del comercio de las exportaciones de Ucrania, mientras que Rusia se vio impedida de exportar granos debido a las restricciones y sanciones internacionales. Estos trastornos también mostraron cuán interrelacionados están los mercados de productos básicos: los altos precios de la energía elevaron los costos de producción de granos básicos (como los fertilizantes), lo que a su vez impulsó un aumento generalizado de los precios de los alimentos. Estos incrementos de los precios tuvieron importantes repercusiones económicas y humanitarias, especialmente para las economías importadoras de energía y alimentos. Así en el mediano plazo, el conflicto en el Mar Negro ha acelerado la búsqueda de la transición energética en diferentes países para

reducir su dependencia de los combustibles fósiles. Estos acontecimientos exacerbaron las presiones inflacionarias; pesaron sobre el crecimiento económico y contribuyeron a costos de producción más altos, como se aprecia en la evolución de los índices de energía, transporte, fertilizantes y alimentos, que entre 2016 y 2022 han aumentado en 3.8, 3.5, 2,8 y 1.8 veces, de forma respectiva, alcanzando en los dos últimos años los valores más altos en el período observado (Figura 1).

Figura 1. Evolución del índice de Energía, Fertilizantes, Transporte y Alimentos 2016-2022



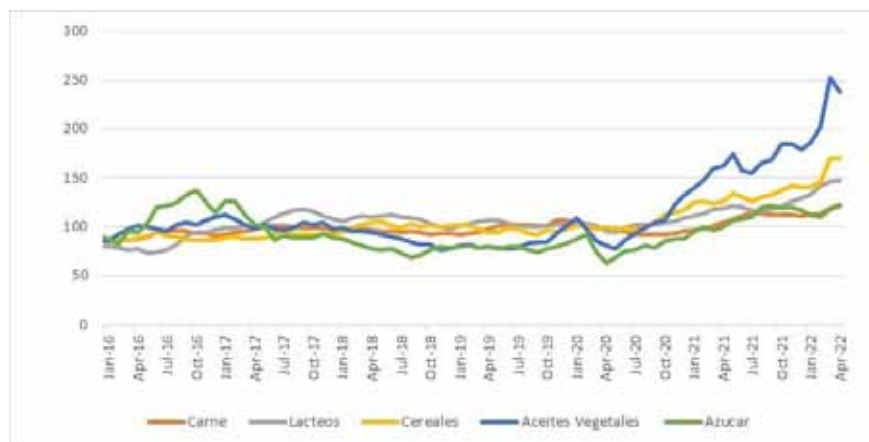
Fuente: Elaboración propia con datos FAO, 2022b y World Bank 2022b y AMIS, 2022.

Los precios de los principales cereales han mostrado la misma tendencia ascendente desde julio de 2020, debido a la incertidumbre provocada por el COVID-19, los efectos climáticos y actualmente la invasión de Rusia a Ucrania. Así, los precios de trigo y de los cereales secundarios, que en buena parte provienen de los dos países en conflicto, sufrieron alzas por la inseguridad sobre el suministro, ante los riesgos de interrupciones de las exportaciones de la región del Mar Negro. La inquietud por el estado de las cosechas en América del Sur también incidió en el impulso a los precios del maíz. En el caso de los precios internacionales del arroz también subieron en febrero del presente año, pero se mantuvieron por debajo de los niveles de 2021 (FAO, 2022b).

Rusia y Ucrania figuran en la lista de los mayores exportadores mundiales de trigo, cebada y maíz. También son los principales proveedores de colza y representan 52% del

mercado mundial de exportación de aceite de girasol. La oferta mundial de fertilizantes también está muy concentrada, figurando la Federación de Rusia como principal productor (FAO, 2022b). Los precios de productos agrícolas escalaron casi 30% entre julio 2020 y el mismo mes del 2021 debido a una mayor demanda de alimentos y una lenta recuperación del aparato productivo. En un contexto de precios históricamente altos, a principios del 2022, la invasión de Rusia sobre Ucrania provocó otro golpe por el lado de la oferta, tanto de energía como de granos y fertilizantes, llevando en marzo 2022 los precios mundiales de los alimentos a sus niveles más altos en una década, con especial énfasis en el grupo de los aceites vegetales (WFP, 2022) (Figura 2).

Figura 2. Índice de la FAO para los Precios de los Alimentos, 2016-2022



Fuente: Elaboración propia con datos de FAO, 2022b.

En ese sentido, el índice de precios de los alimentos de la FAO se situó en abril del año en curso en un promedio de 158.5 puntos, lo que supuso una pequeña reducción de 0.8% respecto del récord histórico registrado en marzo de 2022. Sin embargo, se ha ubicado 29.8% por encima del valor registrado doce meses antes (Figura 2). Mientras que el índice de precios en cereales experimentó en abril una disminución de 0.4%, comparado con el récord alcanzado en marzo (contando a partir de 1990). Los precios internacionales en maíz fueron ligeramente estables en abril 2022, debido a suministros estacionales procedentes de las cosechas en curso en Argentina y Brasil, aliviando parcialmente la presión sobre los mercados. Sin embargo, estos precios siguen en promedio un 30% más altos que en 2021, y hasta 70% respecto al promedio de los últimos 5 años.

Por su parte, los precios internacionales del trigo evolucionaron al alza en abril, debido a una menor dinámica de las exportaciones por el bloqueo de puertos en Ucrania, a las restricciones de exportación de Rusia y a la preocupación acerca de la situación de las cosechas de 2022 en los Estados Unidos de América. De hecho, los precios siguen 57% más altos respecto a 2021 y cerca de 90% respecto al promedio de los últimos cinco años. En abril de 2022, los precios internacionales del arroz crecieron 2.3% con respecto a los niveles de marzo, sostenidos por una combinación de fuerte demanda local en varios de los países exportadores asiáticos, adquisiciones por parte de compradores del Cercano Oriente y China, así como por contratiempos meteorológicos en las Américas (FAO, 2022b) (Figura 2).

Apreciaciones sobre el tamaño de la población en condiciones de inseguridad alimentaria

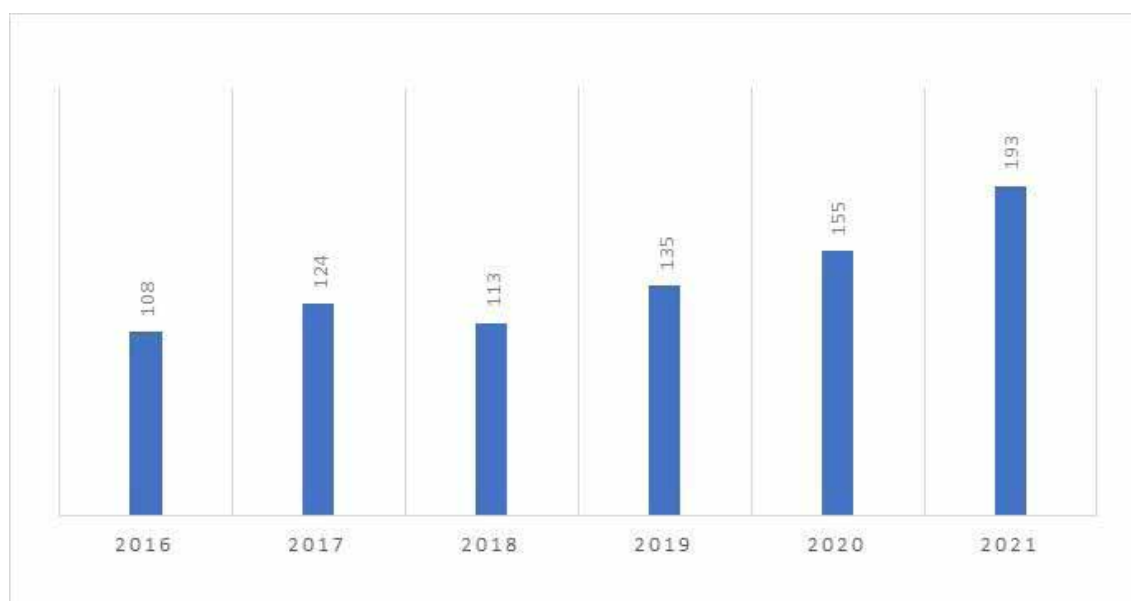
Las medidas de confinamiento por el COVID-19 socavaron la capacidad de la población más vulnerable para mantener sus medios de vida y ha aumentado la vulnerabilidad de la población a padecer inseguridad alimentaria, obligándolos a enfrentar graves desafíos para acceder a alimentos adecuados para mantener a sus familias como resultado de los bajos ingresos, la pérdida de empleos y la interrupción de negocios (Dzimbiri *et al.*, 2022). La pobreza mundial ha retomado recientemente su trayectoria descendente observada antes de la pandemia, entre 75 y 95 millones de personas más podrían vivir en la pobreza extrema en 2022 en comparación con las proyecciones previas a la pandemia de COVID-19, debido a la combinación de los efectos persistentes de la pandemia, la guerra en Ucrania y el aumento de la inflación (World Bank, 2022a).

La cantidad de personas que enfrentan inseguridad alimentaria aguda se ha un poco más que duplicado, de 135 millones a 276 millones, desde 2019. Un total de 48.9 millones de personas enfrentan niveles de hambre de emergencia (WFP, 2022). De esos 276 millones, 49 millones estaban en riesgo de hambruna en 43 países. Para fines de 2022, debido a los efectos combinados de las continuas crisis sociales, políticas y económicas en todo el mundo, el Programa Mundial de Alimentos (WFP, por sus siglas en inglés) estima que este total aumentará a 323 millones de personas. Además, el costo de hacer llegar ayuda alimentaria a las personas necesitadas está aumentando: el precio que paga el PMA por los alimentos que distribuye, aumentó 30% en comparación con 2019, es decir, 42 millones de dólares adicionales al mes (PMA, 2022).

El Informe global sobre crisis alimentarias de 2022 destaca el deterioro alarmante de la inseguridad alimentaria aguda en 2021 en numerosos países con crisis alimentaria.

Casi 193 millones de personas estaban en situación de crisis o peor (IPC⁵ Fase 3⁶ o superior) o equivalente (Figura 3) en 53 países debido a intensificación de conflictos, crisis económicas significativas y efectos climáticos más extremos en los últimos años, o una combinación de estos factores (FSIN and Global Network Against Food Crises, 2022).

Figura 3. Evolución en el número de población en Crisis o peor (IPC/CH Fase 3 o superior)



Fuente: FSIN and Global Network Against Food Crises, 2022.

⁵ La clasificación de Fases de la Seguridad Alimentaria (IPC por sus siglas en inglés) proporciona información estratégicamente relevante para los tomadores de decisiones que se enfoca en objetivos a corto plazo para prevenir, mitigar o disminuir la inseguridad alimentaria severa que amenaza vidas o medios de subsistencia. Diferenciación entre niveles de severidad de la inseguridad alimentaria aguda, clasificando unidades de análisis en cinco fases: (1) Mínima/Ninguna, (2) Estresada, (3) Crisis, (4) Emergencia, (5) Catástrofe/Hambruna.

⁶ Los hogares clasificados en Fase 3, son aquellos con las siguientes características: i) tienen brechas en el consumo de alimentos que se reflejan en una desnutrición aguda alta o superior a lo habitual; ii) son marginalmente capaces de satisfacer las necesidades alimentarias mínimas, pero solo mediante el agotamiento de los medios de subsistencia esenciales o mediante estrategias para enfrentar las crisis; y iii) requiere acción urgente proteger los medios de vida y reducir las brechas en el consumo de alimentos.

En 2021, casi 40 millones de personas se enfrentaban a condiciones de Emergencia o peores (IPC/CH Fase 4 o superior), en 36 países. Más de medio millón de personas se enfrentaban a una Catástrofe (Fase 5 del IPC/CH), cuatro de ellos con grandes niveles de afectación, que son: Etiopía, Sudán del Sur, Madagascar (la porción del sur del país) y Yemen. El número de personas que enfrentan estas dramáticas condiciones es cuatro veces mayor que el observado en 2020 y siete veces mayor que en 2016. Durante la primera mitad de 2021, áreas localizadas en Sudán del Sur continuaron enfrentando una probabilidad de hambruna (Fase 5 de la CIF). En 2021, 236 millones de personas adicionales estaban en estrés (Fase 2 de la CIF/CH) en 41 países/territorios y requerían apoyo para los medios de subsistencia y asistencia para la reducción del riesgo de desastres a fin de evitar que se degraden sus niveles de seguridad alimentaria (WFP y FAO, 2022).

Desde 2017 se advertía que el hambre y la pobreza extrema se había reducido en todo el mundo, teniendo como referencia los años 1990. Sin embargo, aproximadamente 700 millones de personas, la mayoría habitando en zonas rurales, se mantenían en el rango de pobres extremos. De la misma manera, a pesar de los indiscutibles progresos en contra de la desnutrición y los avances en nutrición y salud, se notificaba que casi 800 millones de personas padecían hambre crónica y 2000 millones resistían con carencias de micronutrientes. También se informaba que, en caso de no desplegar esfuerzos suplementarios para promover el desarrollo de los pobres, unos 653 millones de personas seguirían desnutridas en 2030 (OECD y FAO, 2021; FAO, 2017). Incluso, cuando la tendencia a la disminución de la pobreza progresó, persistían las desigualdades socioeconómicas, que han obstaculizado la erradicación de la pobreza (FAO, 2017).

Después de las crisis expuestas en el primer apartado, las nuevas estimaciones de Oxfam (2022), basadas en las proyecciones del Banco Mundial y en investigaciones del Centro para el Desarrollo Global sobre las subidas de los precios de los alimentos, muestran que más de mil millones de personas más podrían verse abocadas a la pobreza extrema en 2022. El impacto combinado del COVID-19, los efectos climáticos negativos sobre la producción y la invasión de Rusia a Ucrania ha provocado la subida de los precios de los alimentos, y que podría hacer que 263 millones de personas más vivieran en la pobreza extrema este año, lo que supondría un total de 860 millones de personas viviendo por debajo del umbral de pobreza extrema de 1.90 dólares al día. Esto implicaría un aumento extraordinario que revertiría décadas de progreso en la lucha contra la pobreza.

Por ello, estos múltiples factores han incidido para que se visualice un mundo profundamente desigual, que está siendo pauperizado. Ya se prevé que 3300 millones de personas vivirán por debajo de la línea de pobreza de 5.50 dólares al día en 2022, lo que

concierno a casi la mitad de la humanidad. Ahora bien, gran parte de la población ha sufrido serias dificultades económicas durante la pandemia y se enfrentan a las rápidas alzas del costo de los alimentos, que han alcanzado un máximo histórico, superando la crisis alimentaria de 2011 (OXFAM, 2022).

En 2020, alrededor de 65% de las personas con inseguridad alimentaria aguda vivían en países con conflictos como principal causa y las principales tendencias indican que los niveles de conflicto y la violencia contra la población civil siguieron aumentando en 2021. A casi dos años de la pandemia de COVID-19, las perturbaciones económicas mundiales y nacionales se han intensificado y sólo 8.5% de la población de los países de bajos ingresos ha sido vacunado hasta enero de 2022; lo que conlleva incertidumbres adicionales y podrían elevar los daños a la población y a las economías nacionales (WFP, FAO, 2022). Al respecto, el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR) ha reportado que, en 2022, de los cerca de 21 millones de refugiados y cuatro millones de solicitantes de asilo en el mundo en 2021, más de 60% (unos 15.3 millones de personas) fueron acogidos en 52 países con crisis alimentarias, en los que se mezclan varios factores de riesgo, como conflicto, inseguridad, COVID-19, pobreza y clima extremo.

En 2021, de los 51 millones de desplazados internos en todo el mundo, casi 45 millones estaban en 24 países con crisis alimentarias. Los seis países con más desplazados internos (Siria, Afganistán, la República Democrática del Congo (RDC), Yemen, Etiopía y Sudán) están entre los diez con mayores crisis alimentarias. En los países con graves crisis alimentarias, la población de desplazados internos se incrementó entre 2020 y 2021; los mayores aumentos se produjeron en Afganistán, la República Democrática del Congo, Etiopía, Mozambique, Myanmar, Sudán del Sur y la región del Sahel. Además, 5.3 millones de refugiados y solicitantes de asilo vivían en 52 países afectados por crisis alimentarias (ACNUR, 2022).

En síntesis, la población vulnerable por nivel socioeconómico, por sexo, víctimas de violencia y expuestos a conflictos sociopolíticos, entre otros, han padecido recurrentemente de inseguridad alimentaria, sin embargo, los eventos recientes no han hecho más que agravar su situación, que está condenando a millones de personas a sobrevivir en penuria alimentaria, social y económica, lo que se traduce en que no se respetan sus más elementales derechos humanos. Por ello, se requiere repensar el modelo económico predominante, las consecuencias de los conflictos armados y la polarización que ha caracterizado al SAM. Mientras tanto, para enfrentar la crisis humanitaria que se vislumbra en varios puntos del mundo, se impone una movilización global y planes más amplios e integrales de asistencia alimentaria y humanitaria.

CONSIDERACIONES FINALES

Una de las peculiaridades del sistema agroalimentario mundial ha sido su alta polarización, con una importante porción de la población en situación vulnerable, sin embargo, en los últimos tres años se han añadido eventos mayúsculos como la pandemia de COVID-19, la invasión de Rusia a Ucrania y los efectos del cambio climático, que han perturbado el aparato productivo y los flujos comerciales, han influenciado en los precios de los alimentos y con niveles altos en los últimos dos años, lo que ha repercutido rápidamente en el proceso inflacionario. Lo anterior, ha reforzado la polarización socioeconómica, con desventajas para los países subdesarrollados y aquellos que padecen más directamente los efectos climáticos y los conflictos, con una proporción alarmante y creciente de personas sin acceso suficiente a los alimentos. Ello marca una nueva era del SAM, con retos inmediatos como controlar la inflación e intervenir contra la inseguridad alimentaria.

Pero más allá de las evidencias mostradas en este análisis, lo urgente es establecer cambios sobre el sistema agroalimentario para ganar en eficiencia, sustentabilidad y equidad en su estructura y funcionamiento. También es necesario advertir sobre los riesgos crecientes sobre la producción agrícola como consecuencia del cambio climático, especialmente si siguen predominando los modelos intensivos. Por ello, persiste la necesidad de impulsar modelos agrícolas alternativos que coadyuven a consolidar una estructura de producción e intercambio sustentable y sostenible. Esto resultaría esencial para contribuir a mejorar las condiciones de los grupos más vulnerables y aumentar los gradientes de seguridad alimentaria.

Actualmente, la mayor parte de la producción alimentaria está comprometida, dada la escasez de insumos básicos para el modelo de la agricultura intensiva como los fertilizantes y combustibles, provocando un descenso de los rendimientos de granos básicos y de otros cultivos como el café y la caña de azúcar. Por ello, los campesinos minifundistas y los sin tierra se ubican entre los sectores más endeble a los que se unen otros grupos como las mujeres y los infantes, especialmente los del medio rural y de las zonas periurbanas.

Ante ello, los organismos internacionales especializados y, en particular, los nacionales, están en alerta máxima y tratando de elaborar respuestas a la altura de las circunstancias, a pesar de que los costos de la pandemia y ahora de los combustibles han minado la hacienda pública de la mayoría de los países. Aunque existen avances en varias naciones, todavía existen amplios márgenes para diseñar intervenciones más eficaces y duraderas y, muy posiblemente, el primer gran desafío reside en tomar plena conciencia del tamaño del reto que significan la inestabilidad de los mercados

agroalimentarios y la apremiante problemática de la inseguridad alimentaria y, a la par, dimensionar esta crisis, pues todavía es necesario mejorar la calidad y magnitud de la información estadística disponible para que así se pueda planear un SAM más equitativo, sustentable y resiliente.

BIBLIOGRAFÍA

- ACNUR (2022). Una de cada nueve personas en el mundo pasa hambre. Recuperado de: <http://eacnur.org/es/actualidad/noticias/inseguridad-alimentaria-hambre-2022>. (Consultado: 15/06/2022).
- AMIS (2002). IGC Grains and Oilseeds Index. Recuperado de: [//www.igc.int/en/markets/marketinfo-freight.aspx](http://www.igc.int/en/markets/marketinfo-freight.aspx) (Consultado: 6/06/2022).
- CEPAL (2022). Efectos económicos y financieros en América Latina y el Caribe del conflicto entre la Federación de Rusia y Ucrania. Santiago de Chile.
- Dzimhiri, M. N., Mwanjawala, P., Chilanga, E. *et al.* (2022). Perceived implications of COVID-19 policy measures on food insecurity among urban residents in Blantyre Malawi. *BMC Public Health* 22(522). <https://doi.org/10.1186/s12889-022-12922-6>
- FAO (2022). Nuevas hipótesis sobre la seguridad alimentaria mundial basadas en el conflicto entre la Federación de Rusia y Ucrania. Recuperado de: <http://www.fao.org/director-general/news/news-article/es/c/1476483/> (Consultado: 7/06/2022).
- FAO (2022b). Índice de precios de los alimentos. Recuperado de: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/FoodPricesIndex/es/> (Consultado: 10/06/2022).
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF (2021). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos. Roma, Italia. <https://doi.org/10.4060/cb4474es>
- FAO, FIDA, OPS, WFP y UNICEF (2021). América Latina y el Caribe - Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional 2021: estadísticas y tendencias. Santiago de Chile, Chile. <https://doi.org/10.4060/cb7497es>
- FAO (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome, Italy.
- FSIN and Global Network Against Food Crises (2022). Global Report on Food Crisis: Joint Analysis for better decisions, Rome, Italy.
- McDermott, J., Swinnen, J. (Ed.) (2022). COVID-19 and global food security: Two years later. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <https://doi.org/10.2499/9780896294226>

- OECD y FAO (2021). *Perspectivas Agrícolas 2021-2030*. OECD Publishing. Paris, France. <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2022). Recuperado de: https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019?adgroupsurvey={adgroupsurvey}&gclid=Cj0KCQjw2MWVBhCQARIsAljbwoNot_5J4KmbxJcIw9E0goxBJdy3lOJ2TVvvKpYMhcfXPp4StIcKGRQaAufjEALw_wcB (Consultado: 12/06/2022).
- Organización Internacional del Trabajo (2020). *X Informe Mundial sobre Salarios 2020-2021. Los salarios y el salario mínimo en tiempos de la COVID-19*. Ginebra, Suiza.
- OXFAM (2022). *First crisis, and catastrophe*. Recuperado de: https://www.oxfam.de/system/files/documents/first_crisis_then_catastrophe_embargoed_0001_gmt_12_april_2022.pdf
- UNCTAD (2021). *Informe sobre el transporte marítimo 2021*, Ginebra, Suiza.
- WFP y FAO (2022). *Hunger Hotspots. FAO-WFP early warnings on acute food insecurity: February to May 2022 Outlook*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb8376en>
- WFP (2022). *Project increase in acute food insecurity due to war in Ukraine*. <https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000138289/download/>
- World Bank (2022^a). *World Development Report 2022: Finance for an Equitable Recovery*. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1730-4.
- World Bank (2022^b). *Commodities Price Data (The Pink Sheet)*. Recuperado de: <https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets> (Consultado: 6/06/2022).

Guía para autores

Tipo de contribución

1. Artículos de investigación
2. Notas de investigación
3. Ensayos y revisiones bibliográficas
4. Reseñas de libros y comentarios

Los *Artículos de investigación* deben reportar resultados de investigaciones originales y no haber sido entregados para su publicación en cualquier otro medio. Los artículos no deben rebasar más de 30 cuartillas manuscritas incluyendo figuras, cuadros, referencias, etc.

Las *Notas de investigación* son una descripción concisa y completa de una investigación limitada, la cual no puede ser incluida en un estudio posterior.

La *Nota científica* debe estar completamente documentada por referencias bibliográficas y describir la metodología empleada como en un artículo de investigación. No deberá exceder las 15 cuartillas, incluyendo figuras, cuadros y referencias.

Los *Ensayos y revisiones bibliográficas* deben incluir un tema de interés actual y relevante. Estos trabajos no deben exceder las 20 cuartillas.

Las *Reseñas de libros* pueden ser incluidas en la revista en un rango de libros relevantes que no tengan más de 2 años de haber sido publicados. Las reseñas no deben exceder las 6 cuartillas.

Presentación de textos

La presentación implica que todos los autores autorizan la publicación del documento y que están de acuerdo con su contenido. Al aceptar el artículo la revista puede cuestionar a el (las, los) autor(as, es) para transferir el derecho de su artículo a la editorial.

Los trabajos para consideración pueden ser enviados de dos formas:

1. Archivo electrónico. Se enviará en documento de word como un archivo adjunto al correo electrónico aalvarez@correo.xoc.uam.mx. Mediante la misma vía se realizará el acuse de recibo.
2. Documento impreso (papel). Se enviarán las copias impresas por mensajería a:

Adolfo Álvarez Macías

Director Editorial

Revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*

Edificio 34, 3° piso, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, CP 04960, México, D.F.

Tel: 5483-7230 y 31

Archivo electrónico

Se enviará el trabajo en dos archivos adjuntos. El primero incluirá el texto completo; el segundo, en caso de existir, las gráficas, tablas o figuras. El documento deberá tener los cuatro márgenes de 2.5 centímetros y numerarse de manera continua todos los renglones. El tipo de letra será Arial, tamaño 12 puntos a espacio de 1.5 de interlínea. Las cuartillas deberán estar numeradas.

Documento impreso

Para la consideración inicial del texto, es necesario enviar tres copias impresas en total, adjuntando las versiones electrónicas. Posterior a la aceptación final, deberá enviarse en un disco compacto (CD) con dos archivos: la versión final y una sugerencia de cómo quedaría impreso. En la etiqueta del disco, es necesario indicar el nombre de los archivos así como de los autores.

Preparación y consideraciones generales para el manuscrito

1. El texto deberá ser escrito en español, inglés o francés.
2. Si se decide enviar el documento impreso, es necesario adjuntar las ilustraciones originales y dos juegos de fotocopias (tres impresiones de una fotografía).
3. Deberá tener las líneas numeradas, incluyendo resumen, pies de página y referencias.
4. El texto deberá tener el siguiente orden:
 - Título (Claro, descriptivo y corto).
 - Nombre de el (las, los) autor (as, es).
 - Teléfono, correo electrónico y fax del primer autor para recibir correspondencia.
 - Dirección actual de el (las, los) autor (as, es).
 - Resumen.
 - Palabras clave (términos indexados) de 3 a 6.
 - Introducción.
 - Descripción del área, métodos y técnicas.
 - Resultados.
 - Discusión.
 - Conclusión.
 - Agradecimientos y reconocimientos.
 - Referencias.
 - Cuadros.
 - Mapas o anexos diversos.

Nota: El título y subtítulo deberán estar en líneas diferentes sin sangrías. Se utilizarán altas y bajas; se escribirá con mayúsculas el carácter inicial y los nombres propios.

5. Se deben utilizar unidades del Sistema Internacional (SI).

Resumen

El resumen deberá ser claro, descriptivo y contener no menos de 800 ni más de 900 caracteres sin considerar los espacios para cada uno de los idiomas en que se presente. Se deberá incluir el resumen en español.

Es conveniente incluir en el resumen los resultados más significativos así como las principales conclusiones.

Cuadros

1. El autor deberá tener en cuenta las limitaciones en tamaño y presentación de la revista. Deberán evitarse cuadros largos, y exceder las dimensiones de una cuartilla (21 x 27.9 centímetros). El cambiar columnas y renglones puede reducir la dimensión del cuadro.
2. Los cuadros se enumeran de acuerdo a su secuencia en el texto y en números arábigos. El texto debe incluir la fuente de todos los cuadros.
3. Cada cuadro estará impreso en una cuartilla separada del texto.
4. Cada cuadro debe tener un título corto y autoexplicativo. El tipo de letra deberá ser el mismo que el utilizado en el texto (arial, 12 pts.) y colocarse al centro y arriba.
5. Los cuadros elaborados deberán ser propios con base en la información generada por los (as) autores (as). Si llegasen a utilizar información secundaria, deberá darse el crédito correspondiente a la fuente utilizada.

Ilustraciones

1. Todas las ilustraciones (mapas, líneas de dibujo y fotografías) deberán enviarse por separado, sin marco y ajustarse al tamaño de una cuartilla (21 x 27.9 cm).
2. Las ilustraciones deberán ser secuenciadas con números arábigos de acuerdo al texto. Las referencias deben ser hechas en el texto para cada ilustración.
3. Las ilustraciones que contengan texto deberán estar en Indian ink o en etiquetas impresas. Asegurarse que el tamaño del caracter sea lo bastante grande para permitir una reducción del 50% sin volverse ilegible. Los caracteres deberán estar en español, inglés y francés. Usar el mismo tipo de caracter y estilo de la revista.
4. Cada ilustración debe tener una leyenda.
5. Las fotografías sólo son aceptables si tienen un buen contraste e intensidad. Las copias deben ser nítidas y brillantes.
6. Pueden enviarse ilustraciones a color, pero deberá tomarse en cuenta que serán convertidas en escala de grises para su publicación.
7. El formato de entrega será tiff o eps en alta resolución (300 dpi a tamaño carta o proporcional para su manejo).

Referencias

1. Todas las publicaciones citadas a lo largo del documento deberán ser presentadas con datos en la lista de referencias al final del texto.

2. Dentro del texto, al referirse a un autor (as, es) deberá hacerse sin inicial seguido del año de publicación y, de ser necesario, por una referencia corta sobre las páginas. Ejemplo: “Desde que Martínez (2007) demostró que...”, “Esto coincide con resultados posteriores (Sánchez, 2009: 20-21)”.
3. Si la referencia que se indica en el texto es escrita por más de dos autores, el nombre del primer autor será seguido por “et al.” o “y colaboradores”.
4. La lista de referencias deberá indicarse en orden de acuerdo al apellido de el (as, os) autor (as, es), y cronológicamente por autor.
5. Usar el siguiente sistema para indicar las referencias:

a. De publicación periódica

Gligo, N., 1990, “Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola”, *Comercio Exterior*, 40(12):135-142.

b. Editado en Simposium, edición especial etc, publicación en periódico

CIAT-UNEP, 1995, Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe, Documento de discusión, Taller regional sobre uso y desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad, PNUMA, México.

c. De libros

Sassen, S., 1999, *La ciudad global*, EUDEBA/Universidad de Buenos Aires, Argentina.

d. De un capítulo en libro

Muñoz, O., 1991, “El proceso de industrialización: teorías, experiencias y políticas”, en Sunkel, O., (comp.), *El desarrollo desde dentro*, Lecturas, núm. 71, FCE, México.

e. De tesis

Evangelista, O. y C. Mendoza, 1987, *Calendarios agrícolas en cuatro ejidos del Municipio de Coxquibui, Veracruz*, tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

f. De referencias de sitios

Banco Central de la República Argentina, 2005. “Entidades Financieras: Información por entidad”, disponible en <http://www.bcr.gov.ar/comunes/p0003.asp>, consultado el 23/01/2005. Fecha última actualización: 07/01/2005. Unión Cívica Radical: Comité Nacional (UCR Web). Disponible en: <http://wwwwww.ucr.org.ar/>, consultado el 28/10/2000.

g. De artículos de publicaciones periódicas en bases de datos

Schrader, A., 1999, "InternetCensorship: Issues for teacher-librarian", en *Teacher Librarian*, vol. 26, núm. 5, Academic Search Elite, pp. 8-12, disponible en <http://www.epnet.com/ehost/login.html>, consultado el 28/11/2000.

Para otros ver detalles en página web de la revista.

Fórmulas

1. Las fórmulas deberán ser escritas de acuerdo a los estándares de la revista. Dejar un espacio amplio alrededor de las fórmulas.
2. Los subíndices y superíndices deberán ser claros.
3. Los caracteres griegos y otros no latinos o símbolos escritos a mano deberán ser explicados e indicar su significado al margen de la página en donde aparecen por primera vez. Tener especial cuidado para mostrar claramente la diferencia entre un cero (0) y el caracter O y entre el 1 y el caracter I.
4. Para indicar fracciones simples, utilizar la diagonal (/) en lugar de una línea horizontal.
5. Enumerar, en paréntesis, las ecuaciones a la derecha. En general, sólo las ecuaciones explícitamente referidas en el texto, necesitan ser numeradas.
6. Se recomienda el uso de fracciones en lugar de signos de raíz.
7. Los niveles de significancia estadística que son mencionados sin más explicación son $P < 0.05 = *$, $P < 0.01 = **$ y $P < 0.001 = ***$
8. En las fórmulas químicas, las valencias de los iones deberán indicarse, por ejemplo, como Ca^{2+} y no como Ca^{++} .

Pie de página

1. Se recomienda hacer los pies de página a través de un procesador de textos.
2. En caso de utilizarlos, deberán numerarse en el texto, indicando el número como superíndice y que sean tan cortos como sea posible. El tamaño del carácter será de 8 pts.

Nomenclatura

1. Los autores y editores aceptarán las normas de nomenclatura biológica vigente.
2. Todos los seres vivos (cultivos, plantas, insectos, aves, mamíferos, etc.) deberán ser identificados por sus nombres científicos, con excepción del nombre común de animales domésticos.

3. Todos los seres vivos y otros compuestos orgánicos deberán ser identificados por sus nombres genéricos cuando son mencionados por primera vez en el texto. Los ingredientes activos de todas las formulaciones deberán ser igualmente identificadas.

Derechos de autor

1. Cuando el autor cite algún trabajo de otra persona o reproduzca una ilustración o tabla de un libro o artículo de revista debe estar seguro de no estar infringiendo los derechos de autor.
2. Aunque en general un autor puede citar de otro trabajo publicado, debe obtener permiso del poseedor del derecho de autor si se requiere reproducir tablas, placas u otras ilustraciones.
3. El material en trabajos no publicados o protegidos, no podrá ser publicado sin obtener el permiso por parte del poseedor de los derechos.
4. Deberá incluirse un agradecimiento por algún material autorizado para su publicación.

Criterios de ditaminación y pruebas del formato del trabajo

1. Una vez revisado, conforme a las políticas de la revista, cada texto será sometido para su dictamen al menos a dos revisores miembros del Comité Editorial. Para ser publicado cada trabajo deberá contar con dos dictámenes aprobatorios.
2. Si el documento cuenta con observaciones, se regresará el texto para la corrección. Una vez realizadas las correcciones conforme a los criterios de evaluación del Comité Editorial de la revista, se enviará una prueba de formación al autor correspondiente. Sólo los errores tipográficos serán corregidos; no se harán cambios o adiciones al documento.

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.
Revista electrónica
Se terminó de formar en septiembre de 2022